В. К. Сонин
Е. К. Сонин

ПРИБОРЫ для ВИЗУАЛЬНОЙ НАСТРОЙКИ РАДИОЛЮБИТЕЛЬСКОЙ АППАРАТУРЫ

ГОСЭНЕРГОИЗДАТ

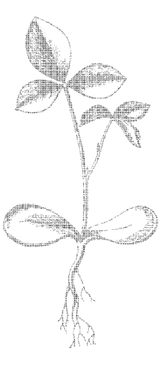


МАССОВАЯ РАДИОБИБЛИОТЕКА

Выпуск 483

В. К. СОНИН, Е. К. СОНИН

ПРИБОРЫ ДЛЯ ВИЗУАЛЬНОЙ НАСТРОЙКИ РАДИОЛЮБИТЕЛЬСКОЙ АППАРАТУРЫ







ГОСУДАРСТВЕННОЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
МОСКВА 1963 ЛЕНИНГРАД

УДК 621 317.755 084
С62

Описан комплект приборов, с помощью которых можно визуально настроить различную любительскую радиоэлектронную аппаратуру Все приборы выполнены на транзисторах с применением печатного монтажа.

Брошюра предназначена для подготовленных радиолюбителей.

Сонин Владимир Константинович, Сонин Евгений Константинович.
Приборы для визуальной настройки радиолюбительской аппаратуры. М.—Л., 1963
72 стр. с илл. (Массовая радиобиблиотека. Вып. 483).

Редактор *А. Г. Соболевский* Техн. редактор *Н А. Бульдяев*

Обложка художника *А М Кувшинникова*

Сдано в набор 15/V 1963 г. Подписано к печати 7/VIII 1963 г.
Т-09013 Бумага 84×108 1/32 3,69 п. л. Уч.-изд л 4,7
Тираж 50 000 экз. Цена 19 коп. Заказ 262

Типография № 1 Госэнергоиздата Москва, Шлюзовая наб., 10.

ПРЕДИСЛОВИЕ

Описываемый комплект приборов предназначен для исследования и настройки любительской радиоэлектронной аппаратуры средневолнового и длинноволнового диапазонов, усилителей и генераторов, работающих в диапазоне от десятков герц до сотен килогерц, импульсных узлов телевизоров и другой электронной аппаратуры методом визуального наблюдения амплитудных и частотных характеристик

Очень удобно настраивать электронную аппаратуру с помощью осциллографа, на экране которого можно наблюдать форму электрических сигналов в различных точках схемы Возможности осциллографа значительно расширяются, если совместно с ним применять различные приставки

В описываемый комплект приборов входят осциллограф, двухканальный коммутатор, генератор качающейся частоты, приставка для наблюдения характеристик полупроводниковых диодов и транзисторов (характериограф), генератор высокой частоты, генератор низкой частоты

За исключением осциллографа, схемы всех приборов просты Изготовление и настройка их доступны большинству радиолюбителей В приборах использован печатный монтаж, техника которого хорошо освоена радиолюбителями Наибольшую сложность представляет компоновка печатных соединений, так как небольшие размеры приборов заставляют делать монтаж в большинстве случаев очень плотным Поэтому в брошюре приведены негативные фотографии печатных соединений плат всех приборов, выполненные непосредственно с фотографических пластинок, которые были использованы для печати плат

Приборы не имеют собственных источников питания Для каждого прибора приводятся данные напряжения питания и потребления тока, на основании которых можно рассчитать автономный источник питания для каждого из приборов

Подробно описаны особенности настройки приборов Однако если применяемые схемные элементы тщательно проверены перед монтажом, а в процессе монтажа не было ошибок, то приборы работают правильно и без дополнительной настройки По окончании монтажа остается лишь проконтролировать основные параметры приборов и откалибровать их

В конце брошюры приведен список литературы, которая может оказаться полезной при изготовлении и настройке приборов. Схема приставки для наблюдения характеристик полупроводниковых приборов предложена В Журавлевым Большую помощь авторам при подготовке материала для брошюры оказал В Аристов.

ОСЦИЛЛОГРАФ

Параметры и блок-схема. Портативный осциллограф может применяться как в сочетании с описываемыми другими приборами, так и самостоятельно для разнообразных исследований и измерений в схемах с импульсными или непрерывными сигналами Его основные параметры следующие:

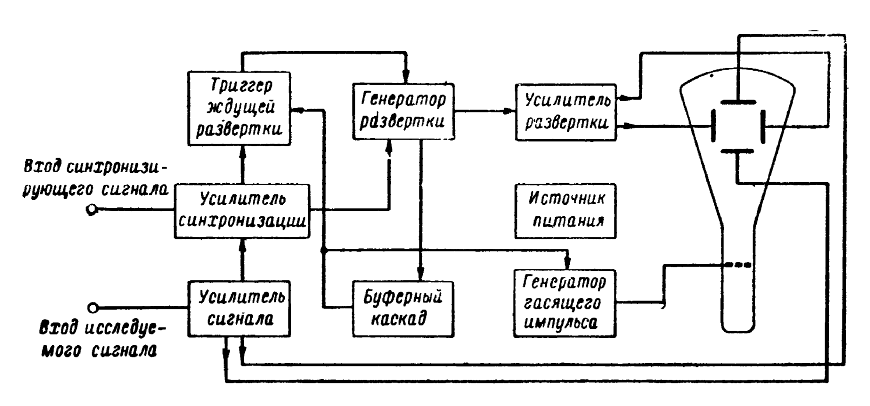


Рис. 1 Блок-схема осциллографа

полоса пропускания (на уровне 0,7) от 100 *гц* до 1,5 *Мгц*;
выходное сопротивление (на частоте 1 *кгц*) 0,2 *Мом*;
чувствительность 0,45 *мм/мв*;
диапазон входных напряжений от 10 *мв* до 15 *в*;
диапазон частот непрерывной развертки от 30 *гц* до 40 *кгц*;
диапазон длительностей ждущей развертки от 10 *мксек* до 30 *мсек*;
чувствительность канала внешней синхронизации 0,3 *в*;
минимальная амплитуда импульса запуска ждущей развертки 1 *в*;
напряжение питания 6 *в*;
потребляемый ток 0,85 *а*;
габаритные размеры 90×90×220 *мм*;
вес 1,3 *кг*

Блок-схема осциллографа изображена на рис. 1.

Пилообразное напряжение горизонтальной развертки вырабатывается генератором развертки и затем усиливается в усилителе

напряжения развертки до величины, достаточной для отклонения луча на весь экран Для синхронизации генератора развертки внешним сигналом последний подается на генератор через усилитель синхронизации При внутренней синхронизации на генератор развертки поступает напряжение исследуемого сигнала с усилителя исследуемого сигнала через усилитель синхронизации

Генератор развертки может работать не только в автоколебательном режиме, но и в ждущем В этом случае генератор развертки запускается импульсным сигналом, подаваемым на гнезда внешнего запуска При внутреннем запуске на генератор развертки подается напряжение исследуемого сигнала с усилителя сигнала через усилитель синхронизации По окончании периода развертки генератор вырабатывает тактовый импульс, который через буферный каскад поступает на триггер ждущей развертки и перебрасывает его, вследствие чего происходит выключение генератора раз-

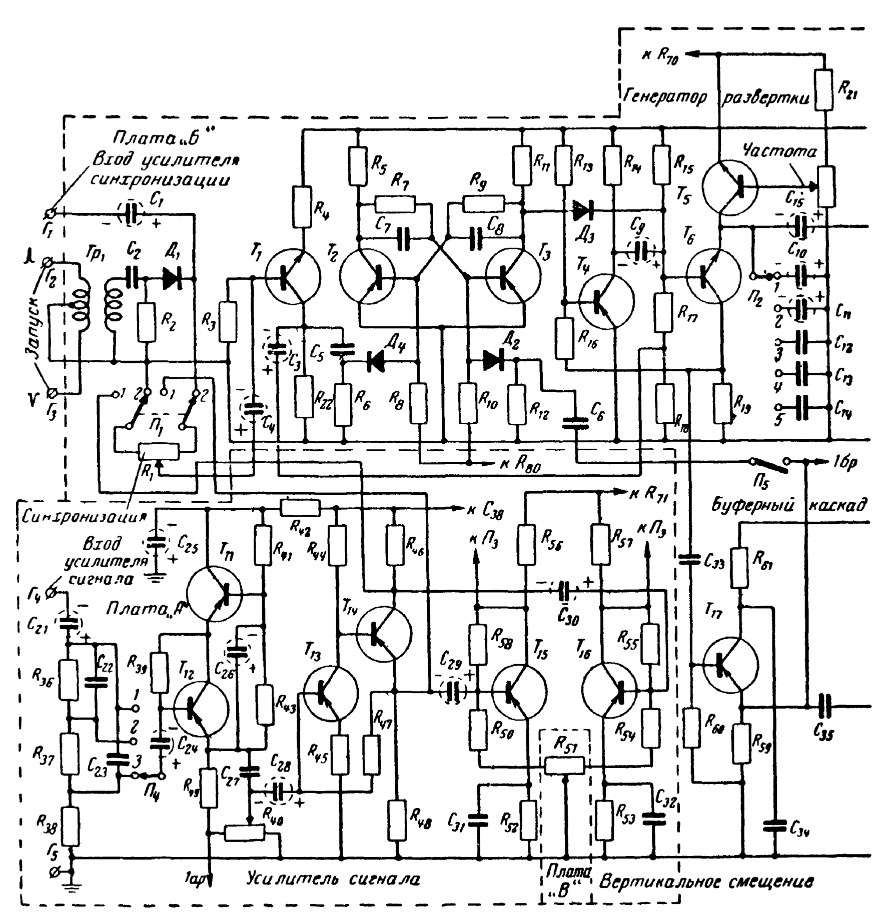


Рис 2 Принципиальная

вертки Следующий его запуск происходит лишь при возвращении триггера в первоначальное состояние импульсом запуска

Тактовым импульсом запускается также и специальный генератор гасящего импульса Этот импульс поступает на управляющий электрод электронно-лучевой трубки и запирает ее на время обратного хода развертки

Исследуемый сигнал подается на вертикально-отклоняющие пластины электронно-лучевой трубки через широкополосный усилитель сигнала.

Постоянные напряжения для питания осциллографа вырабатываются электронным преобразователем напряжения Первичным источником питания служит аккумулятор напряжением 6 *в*.

Принципиальная схема осциллографа приведена на рис. 2.

Генератор развертки. Упрощенная схема генератора развертки, вырабатывающего линейно изменяющееся напряжение пилообразной

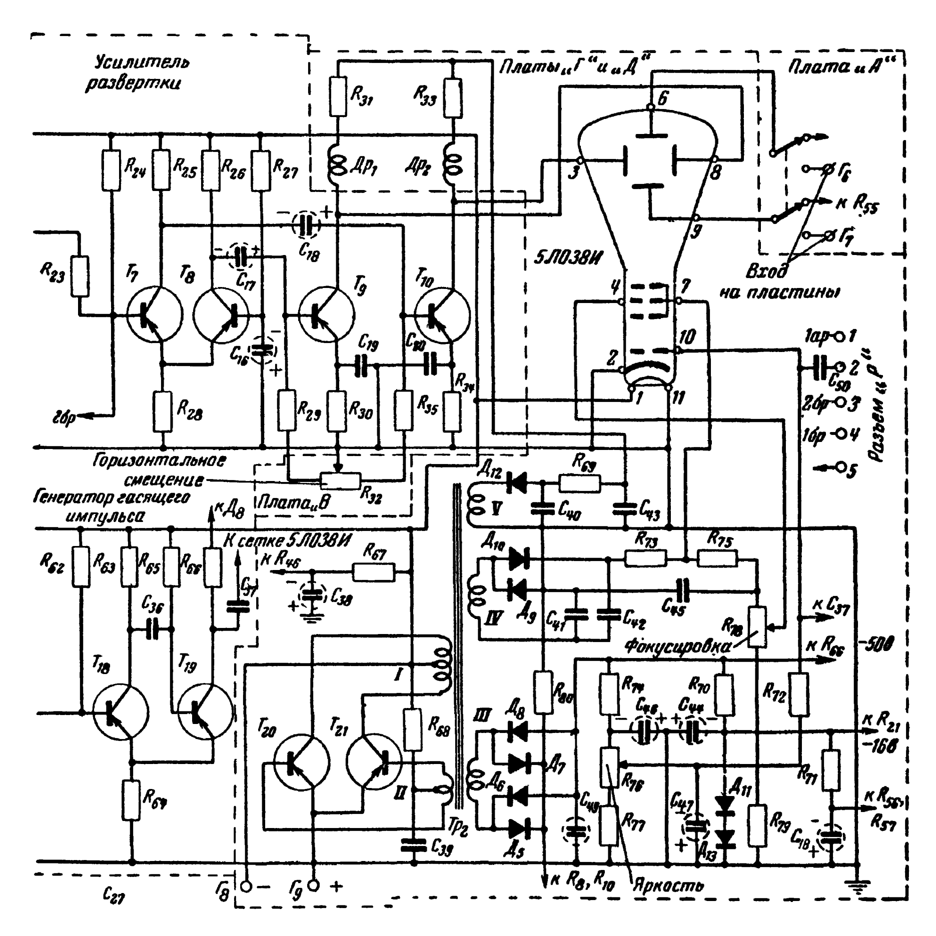


схема осциллографа

формы для развертки луча электронно-лучевой трубки, приведена на рис 3 Для осуществления прямого хода луча используется напряжение, возникающее на конденсаторе $C_{зар}$, когда он заряжается от источника постоянного напряжения E через транзистор T_5

Характерная особенность большинства транзисторов заключается в малой зависимости величины протекающего через них тока от напряжения, приложенного между эмиттером и коллектором (в пределах рабочей области) при постоянном токе базы Поэтому ток заряда конденсатора $C_{зар}$ постоянен и, следовательно, напряжение на его обкладках нарастает линейно Скорость этого нарастания определяется величиной зарядного тока, протекающего через транзистор T_5, и может регулироваться изменением напряжения смещения этого транзистора

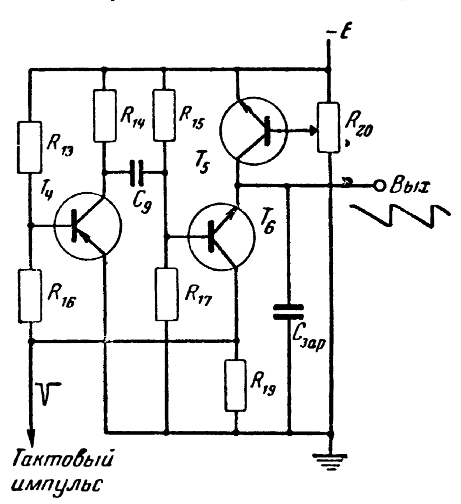


Рис. 3 Упрощенная схема генератора развертки

При заряде конденсатора $C_{зар}$ потенциал верхней пластины конденсатора становится все более отрицательным В начале заряда транзистор T_6, шунтирующий конденсатор $C_{зар}$, заперт, так как отрицательное напряжение на его базе, задаваемое делителем R_{15}, R_{17}, значительно превышает отрицательное напряжение на эмиттере, соединенном с верхней пластиной конденсатора $C_{зар}$ По мере заряда конденсатора отрицательное напряжение на эмиттере транзистора T_6 постепенно увеличивается и достигает значения постоянного напряжения, поддерживаемого на базе этого транзистора В этот момент транзистор T_6 отпирается, через него протекает ток (начинается обратный ход развертки) В результате на сопротивлении R_{19} возникает импульс напряжения Усиленный транзистором T_4, этот импульс в положительной полярности через конденсатор C_9 подается на базу шунтирующего транзистора T_6, еще более отпирая транзистор Процесс происходит до тех пор, пока транзистор T_6 не откроется полностью Конденсатор $C_{зар}$ быстро разряжается через шунтирующий транзистор и сопротивление R_{19} Отрицательное напряжение на верхней обкладке конденсатора $C_{зар}$ и на эмиттере транзистора T_6 уменьшается почти до нуля и транзистор запирается В этот момент заканчивается период развертки. Затем снова начинается заряд конденсатора $C_{зар}$ и весь процесс повторяется.

Отрицательный импульс напряжения, возникающий на сопротивлении R_{19} в результате разряда через него и транзистор T_6 зарядного конденсатора, предшествует началу следующего периода развертки Этот импульс, называемый далее тактовым, используется для запуска триггера ждущей развертки и синхронизации с раз-

верткой генератора гасящего импульса и вспомогательных приставок осциллографического комплекса

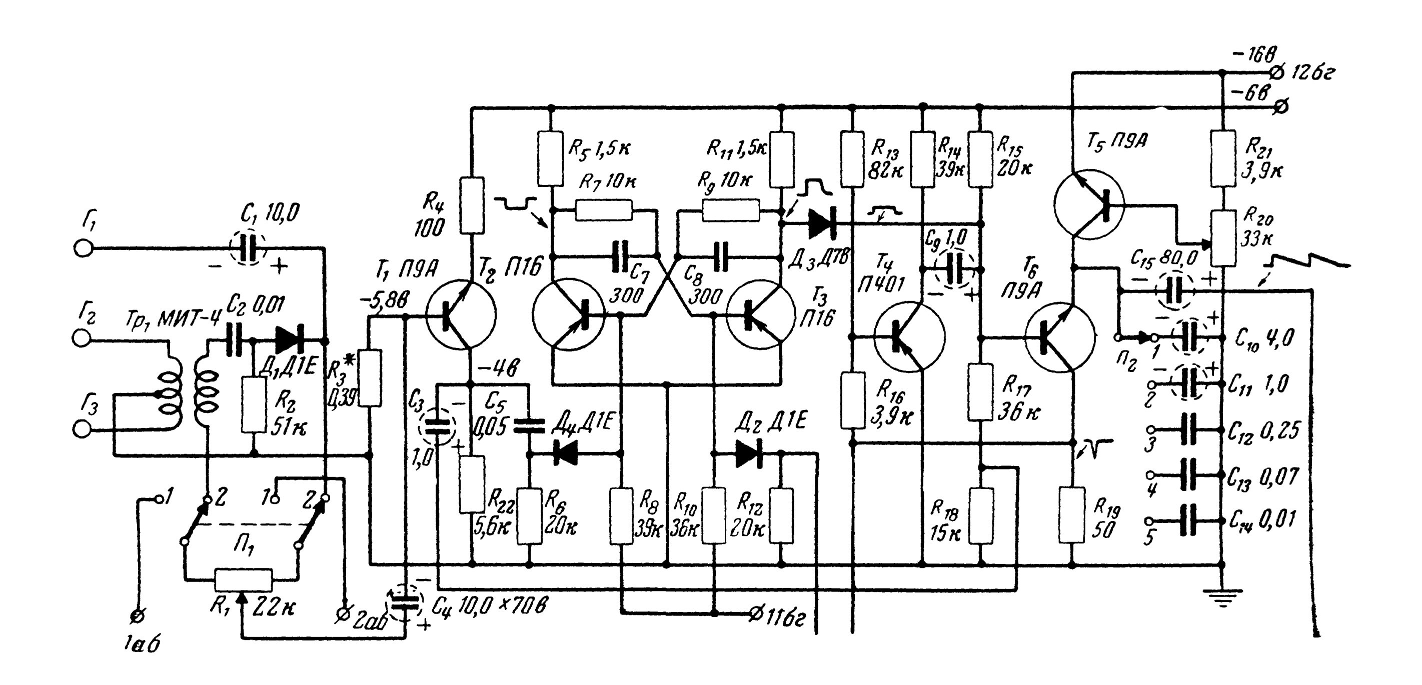
Полная схема генератора и усилителя развертки приведена на рис 4 Частоту повторения развертки можно изменять ступенями путем подключения к генератору развертки зарядных конденсаторов различной емкости (C_{10}—C_{14}), а плавное изменение частоты в пределах каждого поддиапазона регулировкой напряжения смещения зарядного транзистора потенциометром R_{20} Диапазон частот повторения развертки (от 30 *гц* до 40 *кгц*) разбит на пять поддиапазонов: 30—200 *гц*, 100—700 *гц*, 500 *гц*—2,5 *кгц*, 2—7 *кгц*, 6—40 *кгц*

Для синхронизации генератора развертки в автоколебательном режиме на базу шунтирующего транзистора T_6 через сопротивление R_{17} с усилителя синхронизации подается синхронизирующий сигнал (импульсный или синусоидальный), пиковым значением которого и определяется момент перехода развертки от прямого хода к обратному. Так как синхронизирующий сигнал обычно совпадает с исследуемым сигналом по частоте (или кратен ему), то напряжение развертки и исследуемый сигнал оказываются жестко связанными во времени.

Синхронизирующее напряжение на базе транзистора T_6 складывается с фиксированным напряжением смещения этого транзистора Когда пилообразное напряжение развертки приближается к максимальному значению, разность напряжений на эмиттере и базе транзистора T_6 становится меньше пикового напряжения синхронизирующего сигнала, а так как это напряжение запирает транзистор, то когда синхронизирующий сигнал достигает максимального значения (частота этого сигнала всегда несколько выше частоты повторения развертки), происходит преждевременное (по отношению к собственному периоду развертки) отпирание шунтирующего транзистора и начинается процесс разряда емкости, а вслед за этим — следующий период развертки Задержка во времени между пиковым значением синхронизирующего сигнала и началом развертки определяется полосой пропускания регенеративного усилителя и составляет несколько микросекунд.

Предварительное усиление синхронизирующего сигнала осуществляется усилителем на транзисторе T_1. При внешней синхронизации синхронизирующий сигнал синусоидальной формы подается на гнездо $Г_1$ и через конденсатор C_1 и контакт *2* переключателя $П_1$ поступает на регулятор амплитуды синхронизирующего сигнала — потенциометр R_1. С движка потенциометра сигнал подается на усилитель синхронизации

Импульсный синхронизирующий сигнал подается на гнездо $Г_2$ (при импульсе положительной полярности) или на гнездо $Г_3$ (при импульсе отрицательной полярности). Гнезда $Г_2$ и $Г_3$ соединены с встречно включенными половинами первичной обмотки импульсного трансформатора $Тр_1$. Поэтому импульс во вторичной обмотке трансформатора всегда бывает в положительной полярности Через переключатель $П_1$ и потенциометр R_1 этот импульс также подается на усилитель синхронизации Чтобы вторичная обмотка импульсного трансформатора не шунтировала входную цепь синхронизирующего сигнала синусоидальной формы, эти цепи разделены диодом $Д_1$. Синхронизация генератора развертки может осуществляться и исследуемым сигналом Для этого переключатель $П_1$ устанавливают в положение *1* («Внутренняя синхронизация») В этом случае на



Г1
Г2
Г3
С1 10,0
Тр1 МИТ-4
С2 0,01
Д1Д1Е
R2 51к
R3* Д39
R1 22к
П1
1аб
2аб
С4 10,0 ×70в
R4 100
Т1 П9А
Т2 П16
–5,8в
–4в
С3 1,0
С5 0,05
Д4Д1Е
R22 5,6к
R6 20к
R5 1,5к
R7 10к
С7 300
С8 300
R9 10к
R11 1,5к
Т3 П16
Д2 Д1Е
R8 39к
R10 36к
R12 20к
11бг
Д3Д7В
R13 82к
R14 39к
R15 20к
С9 1,0
Т4 П401
R16 3,9к
R17 36к
R18 15к
Т5 П9А
Т6 П9А
R19 50
–16в
12бг
–6в
R21 3,9к
R20 33к
С15 80,0
П2
С10 4,0
С11 1,0
С12 0,25
С13 0,07
С14 0,01

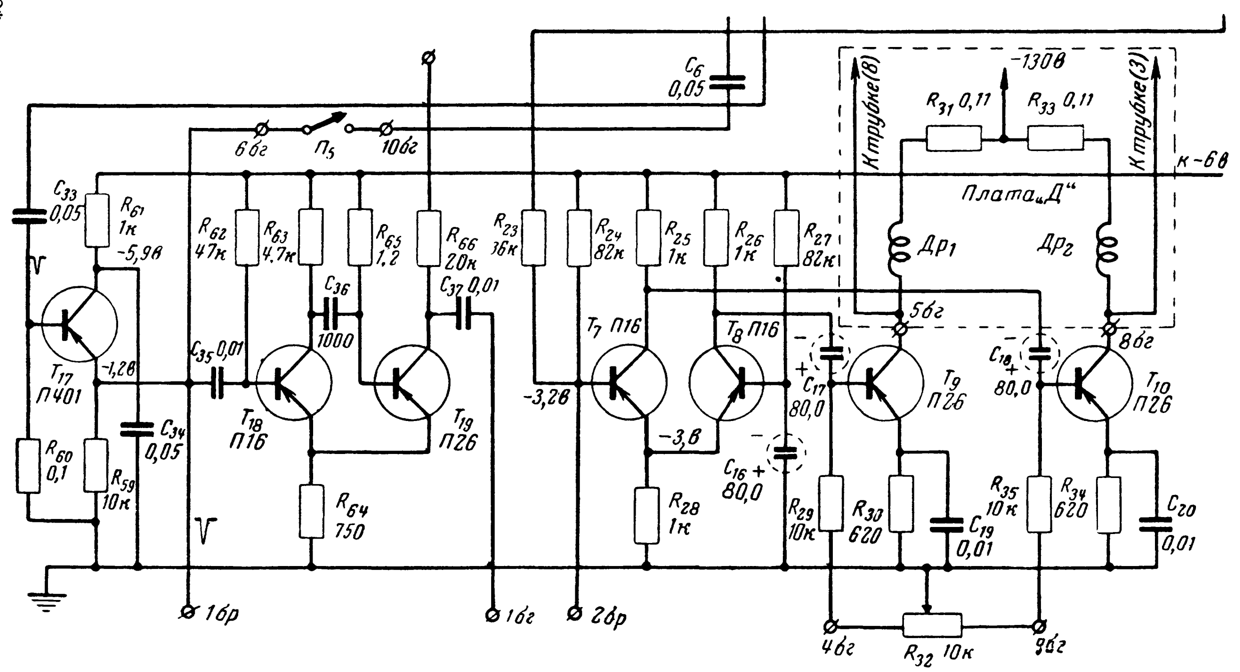


Рис. 4. Схема канала развертки.

потенциометр R_1 исследуемый сигнал подается с транзистора T_{14} (см. схему на рис 2) усилителя сигнала Так как потенциометр R_1 подключен к симметричному выходу каскада на транзисторе T_{14}, то изменением положения движка этого потенциометра можно изменять не только амплитуду, но и полярность сигнала. Когда движок потенциометра находится в среднем положении, сигнал на входе усилителя синхронизации отсутствует. При смещении движка в одну сторону относительно среднего положения на вход усилителя синхронизации поступает сигнал положительной полярности При смещении движка потенциометра в другую сторону относительно среднего положения с потенциометра снимается сигнал отрицательной полярности с регулируемой амплитудой

При исследовании импульсных сигналов обычно применяют ждущий режим работы развертки, когда генератор развертки запускается каждым исследуемым импульсом. В промежутке между импульсами генератор развертки не работает.

Работой генератора развертки в ждушем режиме управляет триггер ждущей развертки на транзисторах T_2 и T_3 В режиме непрерывной развертки триггер находится в таком устойчивом состоянии, когда транзистор T_2 отперт, а транзистор T_3 заперт. С усилителя синхронизации на базу транзистора T_2 через диод $Д_4$ могут пройти лишь отрицательные импульсы, поддерживающие этот транзистор отпертым.

Напряжение на коллекторе запертого транзистора T_3 близко к напряжению источника питания Это напряжение приложено к положительному электроду ключевого диода $Д_3$, отрицательный электрод которого соединен с делителем напряжения R_{15}, R_{17} и R_{18}. Приложенное к диоду напряжение надежно запирает его, тем самым триггер отключен от генератора развертки

Для работы генератора развертки в ждущем режиме замыкают выключатель $П_5$ При включении осциллографа генератор развертки начинает работать в автоколебательном режиме Тактовый импульс, вырабатывающийся по окончании первого периода развертки, с коллектора транзистора T_6 через буферный каскад на транзисторе T_{17} и замкнутые контакты выключателя $П_5$ подается на входную цепь транзистора T_3 (амплитуда тактового импульса на сопротивлении R_{12} равна 3 *в*). Под действием тактового импульса транзистор T_3 отпирается, а транзистор T_2 запирается и триггер переходит в другое устойчивое состояние Отрицательное напряжение на коллекторе транзистора T_3 становится близким к нулю, и диод $Д_3$ отпирается. Сопротивление цепи, образованной отпертым транзистором T_3 и диодом $Д_3$, составляет лишь несколько десятков ом. Поэтому база транзистора T_6 оказывается практически заземленной, транзистор полностью отпирается и шунтирует зарядный конденсатор Поэтому второй период развертки начаться уже не может. Генератор развертки не работает до тех пор, пока триггер остается в этом устойчивом состоянии, т. е генератор «ждет» прихода запускающего импульса.

Импульс, запускающий ждущую развертку, подается с усилителя синхронизации через диод $Д_4$ на базу транзистора T_2 (амплитуда запускающего импульса на гнездах $Г_2$ или $Г_3$ должна превышать 1 *в*). Этим импульсом отрицательной полярности транзистор T_2 отпирается, и триггер переходит в первое устойчивое состояние Транзистор T_3 запирается, отрицательное напряжение на

его коллекторе увеличивается и запирает диод $Д_3$ Напряжение на базе транзистора T_6, не шунтированной теперь диодом, возрастает до значения, определяемого делителем R_{15}, R_{17}, R_{18} и транзистор запирается Все условия автоколебательного режима восстанавливаются, и начинается новый период развертки

Возникающий в конце периода развертки тактовый импульс снова перебрасывает триггер, что делает невозможным дальнейшую работу генератора до прихода следующего запускающего импульса.

При работе осциллографа в режиме ждущей развертки задержка начала развертки относительно фронта запускающего импульса составляет доли микросекунды (при достаточно большой величине запускающего импульса). Это позволяет в принципе наблюдать часть фронта исследуемого импульса Однако следует учитывать, что фронты импульса длительностью менее одной микросекунды искажаются самим усилителем сигнала.

Усилитель развертки. Для усиления напряжения развертки применен двухкаскадный усилитель. Длина линии развертки на экране электронно-лучевой трубки 5ЛО38И составляет 40 *мм* Для того чтобы получить такое отклонение луча, напряжение развертки на выходе усилителя должно быть не менее 200 *в* (если напряжение питания анода трубки равно 600 *в*).

Усиление напряжения развертки и переворачивание его фазы осуществляются предварительным усилителем на транзисторах T_7 и T_8. Пилообразное напряжение с генератора развертки через сопротивление R_{23} поступает на базу транзистора T_7. Сопротивление R_{23}, величина которого значительно превышает входное сопротивление транзистора, служит для того, чтобы нагрузка на генератор развертки входной цепью усилителя была постоянна.

С коллектора транзистора T_7 усиленное напряжение подается на базу выходного транзистора T_{10}. Для двухтактной работы выходного каскада на базу второго выходного транзистора T_9 должно быть подано пилообразное напряжение в противоположной фазе. Для переворачивания фазы напряжения развертки использован транзистор T_8. Напряжение развертки подается на эмиттер транзистора T_8 с эмиттера транзистора T_7 и поэтому воспроизводится на коллекторе транзистора T_8 в той же фазе, как и на базе T_7.

Выходной каскад усилителя выполнен по двухтактной схеме (рис 4). Это позволяет избежать трапецеидальных искажений изображения на экране трубки и уменьшить рабочее напряжение на выходных транзисторах. На каждую горизонтально-отклоняющую пластину трубки с коллектора соответствующего транзистора (T_9 и T_{10}) подается лишь половина необходимого отклоняющего напряжения, т. е размах пилообразного напряжения на коллекторе каждого выходного транзистора не должен превышать 100 *в*

Полоса пропускания усилителя (около 40 *кгц*) определяется практически выходным каскадом Для расширения полосы в сторону высоких частот (при расширении полосы уменьшается длительность обратного хода развертки) в коллекторные цепи транзисторов выходного каскада последовательно включены корректирующие дроссели $Др_1$ и $Др_2$, а эмиттерные сопротивления R_{36} и R_{34} зашунтированы конденсаторами C_{19} и C_{20}.

Вследствие большого усиления выходного каскада рабочие точки транзисторов T_9, T_{10} можно регулировать путем изменения величины сопротивлений в цепи базы Это используется для смещения

в небольших пределах положения по горизонтали линии развертки на экране трубки При одинаковом напряжении смещения на базах транзисторов T_9 и T_{10} напряжения на их коллекторах одинаковы (порядка 70 *в*) Горизонтально-отклоняющие пластины трубки соединены непосредственно с коллекторами этих транзисторов Напряжения, приложенные к противоположным отклоняющим пластинам, действуют на луч электронно-лучевой трубки При изменении смещения на базах транзисторов (потенциометром R_{32}) напряжение на их коллекторах изменяется Соответственно смещается и луч на экране трубки Положение средней точки развертки соответствует величине среднего значения напряжения на коллекторе транзистора, близкого к значению напряжения в момент отсутствия пилообразного сигнала Поэтому при симметричном пилообразном напряжении на пластинах средняя точка развертки совпадает с центром экрана трубки

Для передачи тактового импульса с генератора развертки на триггер ждущей развертки, генератор гасящего импульса и на выходной разъем *P* осциллографа использован буферный каскад на транзисторе T_{17} Это — эмиттерный повторитель, в нормальном состоянии практически запертый напряжением на сопротивлении R_{59} С сопротивления R_{19} генератора развертки тактовый импульс поступает на базу транзистора T_{17} и воспроизводится на сопротивлении нагрузки эмиттера

Генератор гасящего импульса. Для получения высококачественного изображения исследуемого сигнала необходимо, чтобы на экране осциллографа не воспроизводился обратный ход луча, т е надо гасить луч на время обратного хода Гашение луча осуществляется запиранием трубки по управляющему электроду специальным импульсом, который вырабатывается генератором на транзисторах T_{18} и T_{19} В нормальном состоянии транзистор T_{19} отперт Транзистор T_{18} поддерживается в запертом состоянии напряжением, возникающим на сопротивлении R_{64} за счет эмиттерного тока транзистора T_{19} Конденсатор C_{36} заряжен примерно до напряжения питания транзистора T_{18} (его зарядная цепь· R_{63}—C_{36} — переход база-эмиттер транзистора T_{19}—R_{64}).

В момент окончания развертки с сопротивления R_{19} через эмиттерный повторитель T_{17} на базу транзистора T_{18}, входящего в схему генератора гасящего импульса, подается тактовый импульс отрицательной полярности Длительность тактового импульса составляет 3 *мксек* Под его действием транзистор T_{18} отпирается Левая обкладка конденсатора C_{36} через отпертый транзистор T_{18} и сопротивление R_{64} оказывается соединенной с землей Правая обкладка конденсатора, соединенная с базой транзистора T_{19}, оказывается под положительным напряжением 6 *в* Этим напряжением транзистор T_{19} запирается, и на его коллекторе возникает отрицательный перепад напряжения

Транзистор T_{19} заперт до тех пор, пока конденсатор C_{36} не разрядится через сопротивление R_{65}, отпертый транзистор T_{18} и сопротивление R_{64} Когда конденсатор C_{36} разрядится, транзистор T_{19} отпирается и возникший импульс тока через эмиттерное сопротивление R_{64} запирает транзистор T_{18} Отрицательное напряжение на коллекторе транзистора T_{19} резко уменьшается

Таким образом, под действием тактового импульса на коллекторе транзистора T_{19} возникает импульс отрицательной полярности,

длительность которого определяется постоянной времени $C_{36}R_{65}$. Этот импульс через конденсатор C_{37} поступает на управляющий электрод трубки и запирает ее. Длительность гасящего импульса составляет 22 *мксек*.

В связи с тем что величина запирающего напряжения для трубки 5ЛО38И составляет около 50 *в*, в генераторе гасящего импульса применен высоковольтный транзистор.

Усилитель сигнала. Для усиления исследуемого сигнала, подаваемого на вертикально-отклоняющие пластины электронно-лучевой трубки, применен широкополосный усилитель сигнала, схема которого приведена на рис. 5. Сигнал через гнездо $Г_4$ поступает на входной делитель напряжения, состоящий из сопротивлений R_{36}—R_{38},

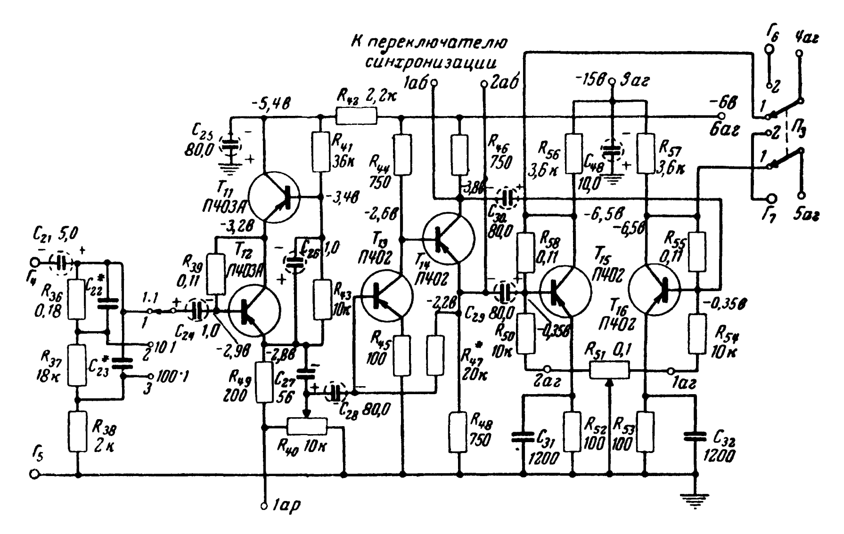


Рис. 5. Схема усилителя сигнала.

с коэффициентом деления 10 и 100. Суммарное сопротивление делителя, представляющего собой входное сопротивление осциллографа, равно 0,2 *Мом*. Чтобы выбранные коэффициенты деления сохранились и на высших частотах, где сильно сказывается паразитная емкость входных цепей, сопротивления делителя шунтированы небольшими емкостями C_{22} и C_{23}, величины которых подбираются опытным путем. Таким образом, для высших частот исследуемого сигнала входной делитель емкостный, а выходное сопротивление осциллографа уменьшается.

С делителя сигнал поступает на эмиттерный повторитель каскодного типа на транзисторах T_{11} и T_{12}, обладающий очень большим входным сопротивлением (около 1 *Мом*). Поэтому входная цепь усилителя не шунтирует делитель R_{36}—R_{38}. Высокое входное сопротивление эмиттерного повторителя достигается благодаря сильной обратной связи. Воспроизводимый на эмиттере транзистора T_{12} входной сигнал через цепь $C_{26}R_{43}$ подается на базу транзистора T_{11}, эмиттерная цепь которого включена последовательно

с коллектором транзистора T_{12} Для сигнала обратной связи транзистор T_{11} служит эмиттерным повторителем и воспроизводит сигнал на коллекторе транзистора T_{12} Таким образом, на коллекторе транзистора T_{12} действует напряжение, совпадающее по фазе с входным напряжением сигнала и приблизительно такой же амплитуды. Ток утечки в цепи коллектор—база транзистора T_{12} близок к нулю, и поэтому входное сопротивление этой цепи велико.

Полное входное сопротивление каскада тем выше, чем ближе к единице коэффициенты передачи каждого из эмиттерных повторителей на транзисторах T_{12} и T_{11}, т. е. чем выше коэффициенты усиления по току этих транзисторов

С эмиттерного повторителя напряжение исследуемого сигнала через потенциометр R_{40}, представляющий собой часть эмиттерной нагрузки транзистора T_{12}, подается на базу транзистора T_{13}; кроме того, когда осциллограф работает в комплексе с приставками, на потенциометр R_{40}, служащий для плавной регулировки амплитуды исследуемого сигнала, подается также сигнал с выходного разъема P.

Коллектор транзистора T_{13} непосредственно соединен с базой транзистора T_{14} Напряжение смещения на базу транзистора T_{13} подается с эмиттера транзистора T_{14} через сопротивление R_{47}. Напряжение на эмиттере транзистора T_{14} близко к напряжению на коллекторе транзистора T_{13}, поэтому через такую цепь смещения осуществляется отрицательная обратная связь как по сигналу, так и по постоянному току

Каскад на транзисторе T_{14} — фазоинверторный и служит для получения противофазных напряжений исследуемого сигнала, необходимых для раскачки выходного двухтактного усилителя на транзисторах T_{15} и T_{16} Усиление фазоинверторного каскада равно единице Напряжение исследуемого сигнала с эмиттера транзистора T_{14} подается на базу транзистора T_{15}, а с коллектора — на базу транзистора T_{16} Одновременно противофазные напряжения сигнала с коллектора и эмиттера транзистора T_{14} через контакты переключателя $П_1$ подаются на регулятор усиления синхронизирующего сигнала R_1

Выходной каскад усилителя работает в режиме класса А Для коррекции высших частот сопротивления в эмиттерных цепях выходного каскада зашунтированы конденсаторами C_{31} и C_{32}. Симметричные напряжения сигнала с коллекторов транзисторов T_{15} и T_{16} подаются на вертикально-отклоняющие пластины электронно-лучевой трубки через переключатель $П_3$ Последний служит для отключения усилителя сигнала от пластин в том случае, когда исследуемый сигнал подается непосредственно на пластины через гнезда $Г_6$ и $Г_7$.

Вертикальное смещение изображения на экране регулируется потенциометром R_{51}, включенным в цепи смещения баз транзисторов T_{15} и T_{16} При изменении положения движка потенциометра симметрично изменяются токи в коллекторных цепях этих транзисторов и, следовательно, симметрично изменяются напряжения на вертикально-отклоняющих пластинах.

Усилитель исследуемого сигнала обладает усилением порядка 125 и полосой пропускания (на уровне 0,7) от 100 *гц* до 1,5 *Мгц*

Блок питания. Для питания цепей усилителей и генераторов осциллографа, а также электродов электронно-лучевой трубки необ-

ходимы следующие напряжения и токи: —6 *в* (700 *ма*), —16 *в* (2,2 *ма*), —50 *в* (1 *ма*), —130 *в* (2 *ма*), +1,5 *в* (0,1 *ма*), +600 *в* (0,5 *ма*).

Первичным источником питания служит батарея аккумуляторов или сухих элементов напряжением 6 *в*. Например, батарея аккумуляторов может состоять из четырех серебряно-цинковых аккумуляторов СЦ-5, соединенных последовательно Для питания от осветительной сети может быть использован понижающий трансформатор с выпрямителем, имеющим выходное напряжение 6 *в*.

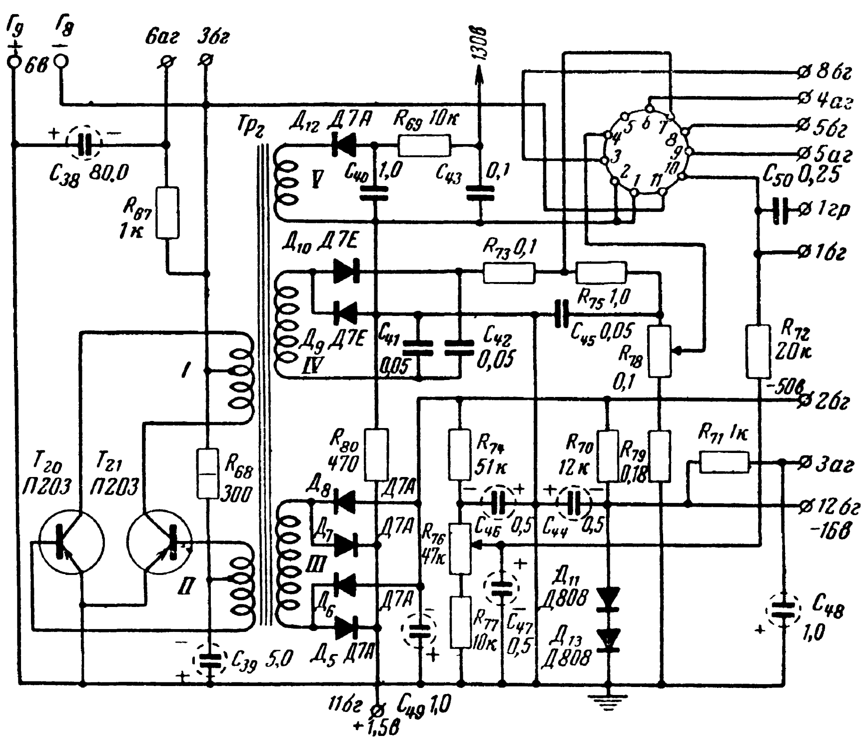


Рис 6 Схема источника питания

Для получения необходимых напряжений использован преобразователь, схема которого приведена на рис 6 Напряжение первичного источника питания подается на двухтактный генератор импульсов прямоугольной формы, служащий прерывателем. Генератор выполнен на двух мощных транзисторах П203 В результате поочередного отпирания транзисторов T_{20} и T_{21} через обе половины коллекторной обмотки *I* трансформатора $Тр_2$ протекают импульсы тока, индуцирующие в обмотках *III*, *IV* и *V* переменные напряжения, определяющиеся соотношением количества витков каждой из вторичных обмоток и количества витков коллекторной обмотки *I*.

Переменное напряжение на обмотке *III* выпрямляется выпрямителем, собранным по мостовой схеме на диодах $Д_5$—$Д_8$, и по-

дается на делитель напряжения R_{74}, R_{76}, R_{77} С этого делителя снимается напряжение 50 *в*, которое подается на генератор гасящего импульса, а с потенциометра R_{76} — напряжение на управляющий электрод электронно-лучевой трубки Регулировкой этого напряжения изменяется яркость свечения экрана трубки Сопротивление R_{72} предназначено для отделения цепи питания управляющего электрода трубки от выходной цепи генератора гасящего импульса, с которого на управляющий электрод подается импульс гашения луча. Конденсаторы C_{46} и C_{47} предназначены для фильтрации выпрямленного напряжения

Параллельно сопротивлениям R_{74}, R_{76}, R_{77} включены сопротивления R_{70} и диоды $Д_{11}$, $Д_{13}$ Эта цепь предназначена для получения напряжения (—16 *в*) питания транзисторов генератора развертки и выходного каскада усилителя сигнала Применение в нижнем плече делителя двух последовательно соединенных опорных

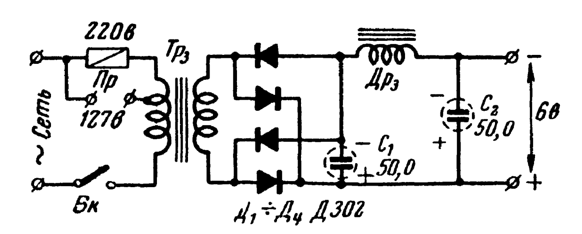


Рис 7 Схема выпрямителя осциллографа

диодов $Д_{11}$, $Д_{13}$ позволяет стабилизировать напряжение, что необходимо для нормальной работы генератора развертки С сопротивления R_{80} снимается напряжение смещения +1,5 *в* для триггера ждущей развертки

Переменное напряжение с обмотки *IV* подается на выпрямитель, собранный по схеме удвоения напряжения на диодах $Д_9$ и $Д_{10}$ Конденсаторы C_{41} и C_{42} включены последовательно, поэтому снимаемое пульсирующее напряжение равно сумме напряжений на этих конденсаторах (600 *в*) Это напряжение подается на второй анод электронно-лучевой трубки, а также на делитель напряжения R_{75}, R_{78} и R_{79} Напряжение потенциометра R_{78} подается на фокусирующий (первый) анод трубки

Переменное напряжение, получаемое с обмотки *V*, выпрямляется однополупериодным выпрямителем на диоде $Д_{12}$ и после фильтрации (C_{40}, R_{9}, C_{43}) подается в цепь питания коллекторов транзисторов выходного каскада усилителя напряжения развертки

Цепи, требующие напряжение — 6 *в*, питаются непосредственно от аккумулятора Это напряжение подается на гнезда $Г_8$ и $Г_9$

Схема выпрямителя для питания осциллографа от сети переменного тока приведена на рис 7 Выпрямитель состоит из трансформатора питания $Тр_3$, мостового выпрямителя на диодах $Д_1$—$Д_4$ и фильтра $Др_3$, C_1, C_2

Примененные детали. Для сборки осциллографа применены стандартные малогабаритные детали

Всего в осциллографе 21 транзистор, 14 полупроводниковых диодов и электронно-лучевая трубка Наименование и основные пара-

Обозначения на схеме	Обмотки	Количество витков	Провод	Сердечник
$Тр_1$	I II	150+150 150	—	Тороидальный феррит $\mu = 300$
$Тр_2$	I II III IV V	22+22 14+14 220 1 500 700	ПЭЛ 0,23 ПЭЛ 0,23 ПЭЛ 0,15 ПЭЛ 0,1 ПЭЛ 0,15	Тороидальный из пластин 34НКМП, зазор 0,1 *мм*, диаметр внешний 34 *мм*, диаметр внутренний 27 *мм*, сечение сердечника 1 *см*^{2}
$Тр_3$	I II	1 016 + 644 83	ПЭЛ 0,2 ПЭЛ 0,7	Ш-20×30 *мм*
$Др_1$	—	150	ПЭЛ 0,1	Бронированный типа СБ-1а
$Др_2$	—	150	ПЭЛ 0,1	То же
$Др_3$	—	2 000	ПЭЛ 0,7	Тороидальный витой, материал ХВП, диаметр внешний 34 *мм*, внутренний 27 *мм*, сечение 2 *см*^{2}

метры примененных транзисторов и полупроводниковых диодов приведены в приложении.

Помимо небольших габаритов, трубка 5ЛО38И отличается наибольшей среди осциллографических трубок чувствительностью по вертикальному отклонению, а это позволяет применить в выходном каскаде усилителя исследуемого сигнала транзисторы с хорошими частотными характеристиками, работающие при малых коллекторных напряжениях. Чувствительность же по горизонтали составляет всего 0,11 *мм/в*. Для получения достаточного отклонения луча при нормальном режиме работы трубки к горизонтально-отклоняющим пластинам нужно приложить напряжение порядка 350 *в*. Однако современные транзисторы не выдерживают такого напряжения. Поэтому трубка поставлена в режим, отличающийся от стандартного: напряжение на ее втором аноде снижено до 600 *в*, что почти вдвое повысило чувствительность трубки (при незначительном снижении яркости).

В осциллографе использованы малогабаритные сопротивления УЛМ-0,12. Лишь сопротивление R_{68}, на котором рассеивается значительная мощность, применено МЛТ-2. Все потенциометры и переменные сопротивления типа СПО-0,5.

Конденсаторы емкостью более 0,5 *мкф* электролитические, типа ЭТО или ЭМ. Все конденсаторы емкостью 80 *мкф* имеют рабочее напряжение 4 *в*. Конденсаторы C_{46} и C_{47} имеют рабочее напряжение 60 *в*.

Конденсаторы меньшей емкости низковольтные малогабаритные (типов КТК, КПК, МБМ и т. п.). Лишь в преобразователе напря-

жения питания установлены несколько высоковольтных конденсаторов C_{41} и C_{42} на рабочее напряжение не менее 300 *в*, C_{40} на рабочее напряжение 160 *в*, C_{45} и C_{49} на рабочее напряжение не менее 130 *в*

Основные данные трансформаторов $Тр_1$, $Тр_2$ и $Тр_3$ и дросселей $Др_1$, $Др_2$ и $Др_3$ приведены в табл 1. В качестве трансформатора $Тр_1$ применен типовой импульсный трансформатор МИТ-4.

Монтаж. Осциллограф смонтирован печатным способом на пяти платах, обозначенных буквами, *А*, *Б*, *В*, *Г* и *Д* Соединения между этими платами, а также с выходным разъемом *Р*, через который осциллограф связан с другими приборами и общим источником питания, обозначаются по следующей системе на первом месте порядковый номер соединения, а второй и третий знаки соответствуют обозначениям плат, между которыми осуществляется соединение Например, соединение *1аб* — первое по порядку соединение между платами *А* и *Б* Общая схема межплатных соединений приведена на рис 8

На плате *А* расположен усилитель исследуемого сигнала Принципиальная схема размещенных здесь каскадов и обозначения соединений с другими платами приведены на рис 5 Потенциометр регулировки вертикального смещения R_{51} расположен на плате *В*. Эскиз печатных соединений платы *А* изображен на рис 9,*а*, а фотография смонтированной платы — на рис. 9,*б*. Так как усилитель исследуемого сигнала обладает относительно широкой полосой пропускания, он склонен к самовозбуждению на частотах порядка сотен килогерц. Поэтому монтаж усилителя нужно делать очень аккуратно с соблюдением всех требований, предъявляемых обычно к монтажу высокочастотных усилителей Контакты переключателя делителя входного напряжения выполнены непосредственно на плате. В непосредственной близости от платы в стенке шасси установлен переключатель $П_3$, предназначенный для отключения коллекторных цепей транзисторов выходного каскада усилителя исследуемого сигнала от пластин трубки при подаче исследуемого сигнала непосредственно на пластины Плата *А* помещена внутри экранирующего шасси, описание которого приведено ниже.

На плате *Б* расположены каскады блока развертки осциллографа Принципиальная схема этих каскадов и обозначения соединений с другими платами приведена на рис. 4 Переключатель частот развертки $П_2$ по конструкции подобен переключателю $П_4$, но имеет пять контактов Переключатель вида синхронизации $П_1$ и выключатель ждущей развертки $П_5$ по конструкции подобны переключателю $П_3$. Коллекторные цепи транзисторов выходного усилителя развертки (сопротивления R_{31}, R_{33} и дроссели $Др_1$ и $Др_2$) вынесены на плату *Д*, непосредственно к выводам горизонтально-отклоняющих пластин трубки

Эскиз печатных соединений платы *Б* изображен на рис 10,*а*, а вид смонтированной платы — на рис. 10,*б*.

На платах *В*, *Г* и *Д* расположены элементы схемы преобразователя питающих напряжений осциллографа. На плате *В* смонтированы мощные транзисторы T_{20} и T_{21} и потенциометры регулировки положения луча осциллографа R_{32} (горизонтальное смещение) и R_{51} (вертикальное смещение). В верхней части платы установлен контакт переключателя $П_5$ Плата служит также опорой для электронно-лучевой трубки.

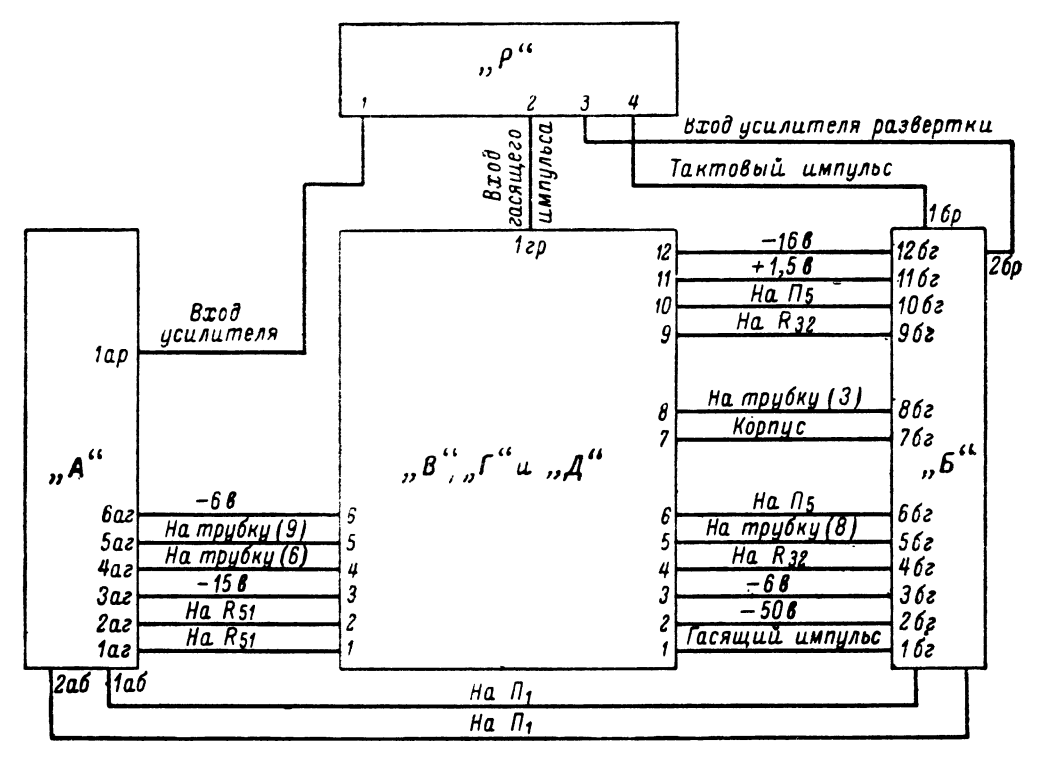
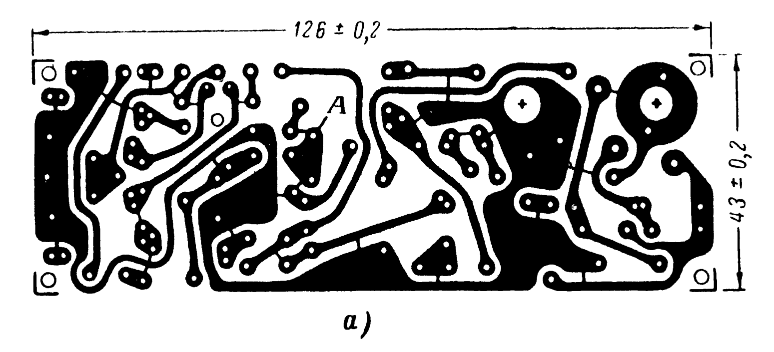


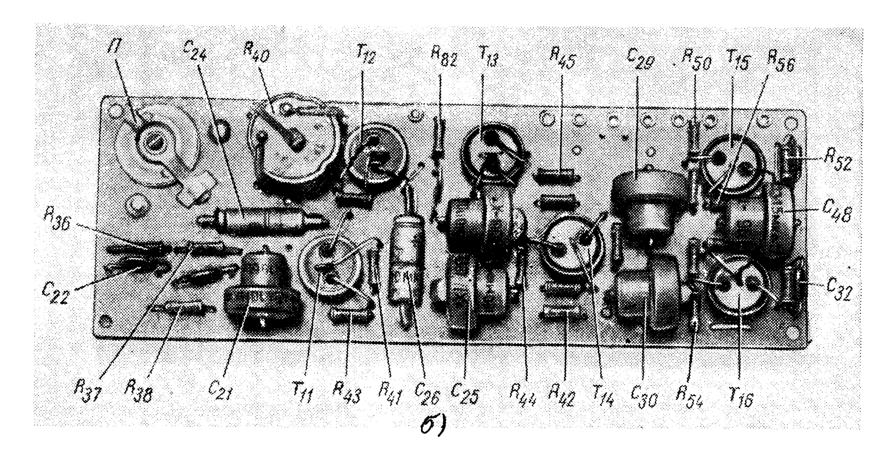
Рис. 8. Схема межплатных соединений осциллографа.

Большая часть элементов преобразователя напряжения питания размещена на плате *Г*. На ней смонтированы трансформатор преобразователя $Тр_2$ и все выпрямительные диоды.

На плате *Д* расположены делители напряжения для питания электродов трубки. В нижней части платы установлены штырьки для ввода напряжения источника питания и разъем *Р*. На плате



а)



б)

Рис. 9. Плата *А*.

а — печатные соединения; *б* — смонтированная плата.

также смонтированы потенциометры регулировки яркости (R_{76}) и фокусировки (R_{78}).

Эскизы печатных соединений плат *В*, *Г* и *Д* приведены на рис. 11,*а*, 12,*а* и 13,*а*, соответственно, а внешний вид смонтированных плат на рис. 11,*б*, 12,*б* и 13,*б*. Все выводы с плат *А* и *Б* поданы на плату *Г*, которая в свою очередь соединена с платами *В* и *Д*. Такие соединения (через плату *Г*) значительно упрощают монтаж осциллографа. Расположение выводов на плате *Г* точно соответствует расположению тех же выводов на находящихся под ней пла-

тах *А* и *Б*. Таким образом, монтаж межплатных соединений сводится к припаиванию вертикальных перемычек между соответствующими выводами плат. Точно так же против выводов платы *Г* расположены соответствующие выводы плат *В* и *Д*. Никаких пересечений межплатных соединений при монтаже не должно быть.

Монтировать межплатные соединения осциллографа можно только после полной настройки всех плат. Соединения между платами *В*, *Г* и *Д* монтируют до настройки, так как схема преобразователя питающих напряжений осциллографа расположена между этими платами.

Конструкция. Чертеж конструкции осциллографа приведен на рис. 14, фотографии осциллографа без кожуха показаны на рис. 15,*а* и *б*.

Печатные платы, на которых смонтированы элементы схемы осциллографа, сделаны из фольгированного гетинакса толщиной 1,5 *мм*. Рисунок соединений между элементами получают методом травления фольги, наклеенной на гетинакс. Для облегчения переноса изображения на фольгированный гетинакс приведены фотографии, отпечатанные непосредственно с негативов, предназначавшихся для переноса изображения на фольгу фотографическим способом. Эти фотографии могут быть пересняты с соблюдением соответствующего масштаба (в соответствии с указанными на них размерами) на пластинки и использованы для печати на платах. Чтобы можно было посеребрить соединения электролитическим способом, на рисунках между соединениями сделаны перемычки, которые перед монтажом следует удалить.

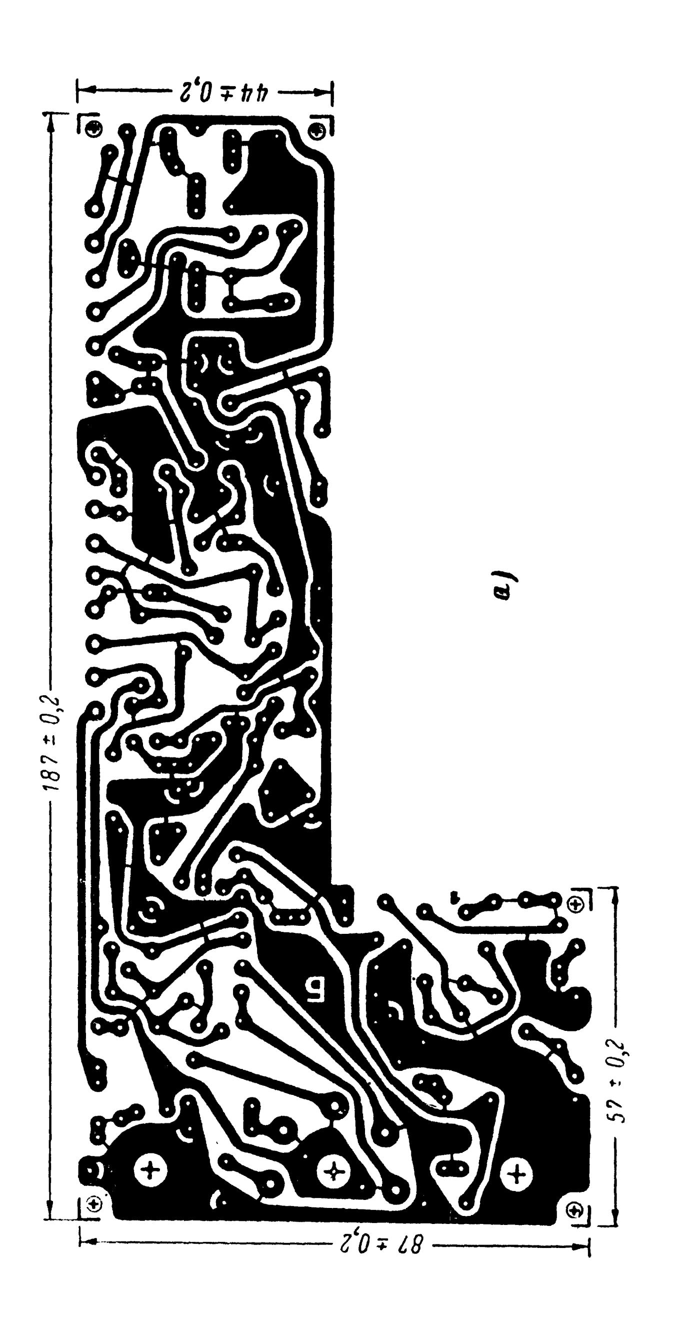
Печатные платы *А* и *Б* укладывают после монтажа и настройки на дно шасси элементами наружу. Между каждой платой и дном шасси, изготовленного из листовой латуни, прокладывают изолирующую пленку. Эскизы шасси и других крупных элементов конструкции приведены на рис. 16 и 17. Плату *А*, на которой смонтирован усилитель исследуемого сигнала, укладывают в экранированный отсек. Шасси с платами *А* и *Б* закрывают крышкой.

Платы *В*, *Г* и *Д* изготовлены в виде жесткого короба, в котором установлена электронно-лучевая трубка. Плату *Г* вставляют специальными выступами в пазы плат *В* и *Д*, а последние прикрепляют двумя винтами к уголкам, прикрепленным ко дну шасси по осевой линии. Основные установочные размеры этих плат приведены на рис. 14.

Передняя панель осциллографа выполнена совместно с козырьком *3* (рис. 17) из латуни толщиной 1 *мм*. Она прикреплена двумя заклепками к передней стенке шасси. Отверстия для крепления деталей конструкции не показаны. К внутренней стороне верхней части козырька припаяна скоба, за которую при сборке зацепляют передний бортик кожуха *1*. К шасси кожух крепится винтами. Резьба под винты нарезана на уголках, припаянных к шасси.

В окне козырька против экрана трубки приклеен защитный фильтр зеленого цвета. Фильтр установлен под углом 30° к вертикали и поэтому отражает падающий на него внешний свет так, что он не мешает наблюдению экрана трубки.

Для удобства работы с осциллографом его передняя часть поднимается с помощью ножек, которые в случае необходимости могут быть убраны. Пружина *6*, фиксирующая положение ножек, закреплена двумя заклепками на кожухе *2* шасси. Ножки *5* конической


44 ± 0,2
187 ± 0,2
57 ± 0,2
87 ± 0,2
Б
а)

3—262

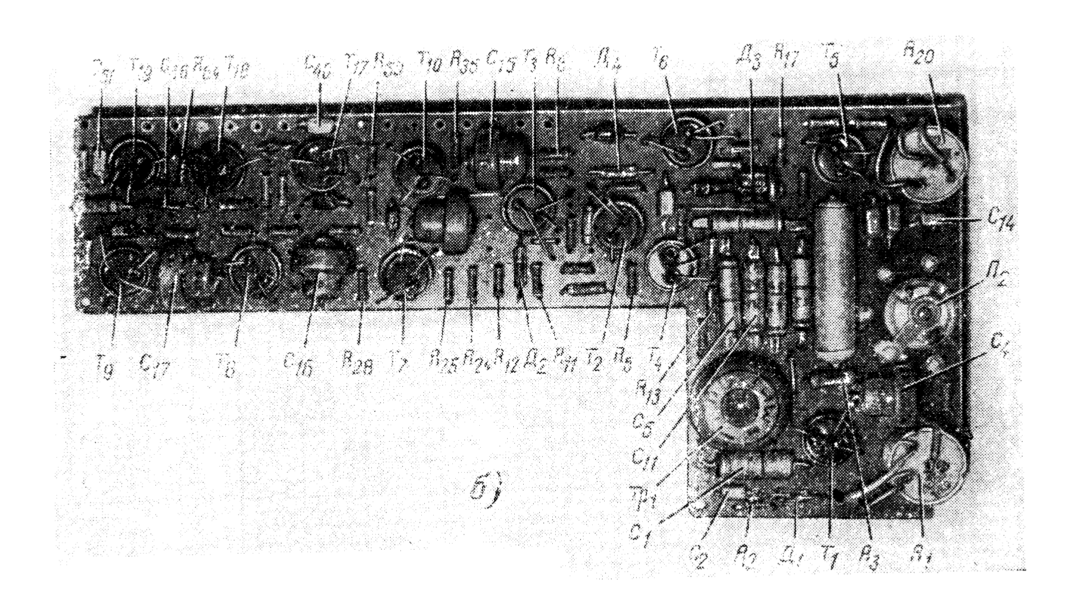
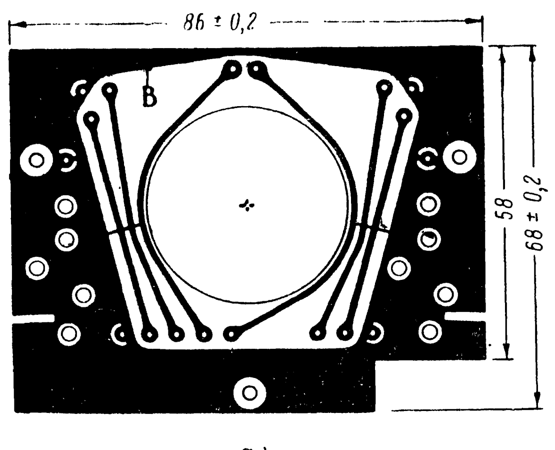


Рис. 10. Плата *Б*.

а — печатные соединения; *б* — смонтированная плата.



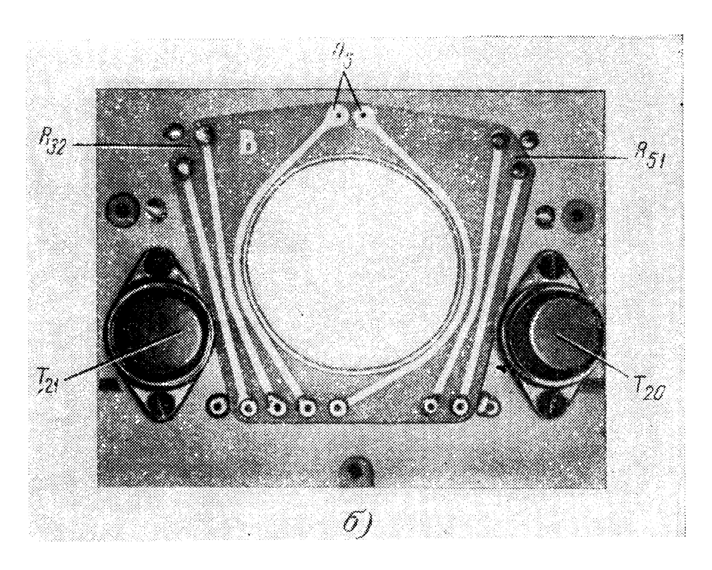
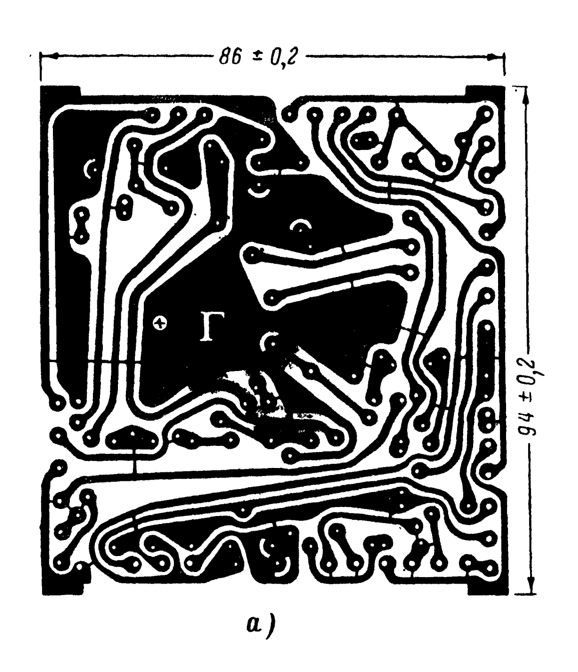


Рис. 11. Плата *В*.

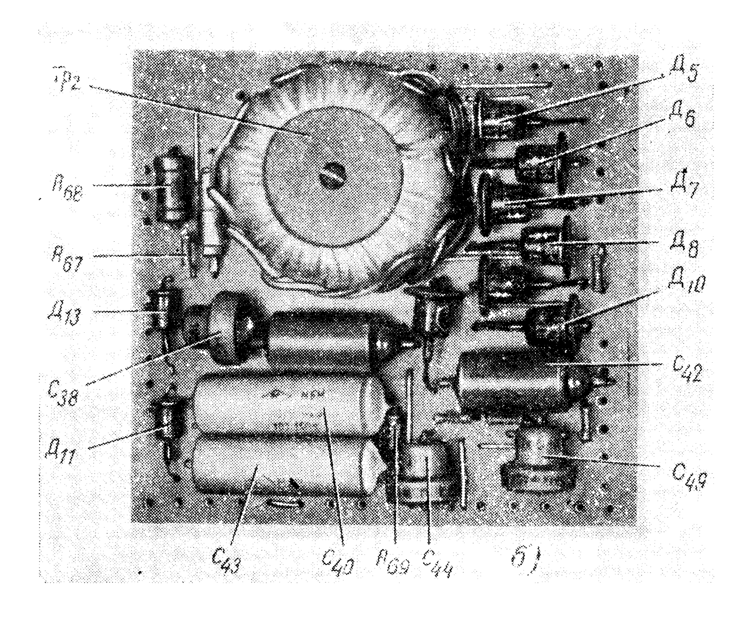
а — печатные соединения; *б* — смонтированная плата.

формы установлены на прямоугольном бруске *4*. В рабочем положении осциллографа брусок с помощью пружины прижимается своей длинной гранью к крышке, так что ножки оказываются расположенными перпендикулярно корпусу осциллографа. Пружина предупреждает самопроизвольное складывание ножек.

Если ножки необходимо убрать, например, при переноске осциллографа, то брусок *4* поворачивают вокруг его продольной оси



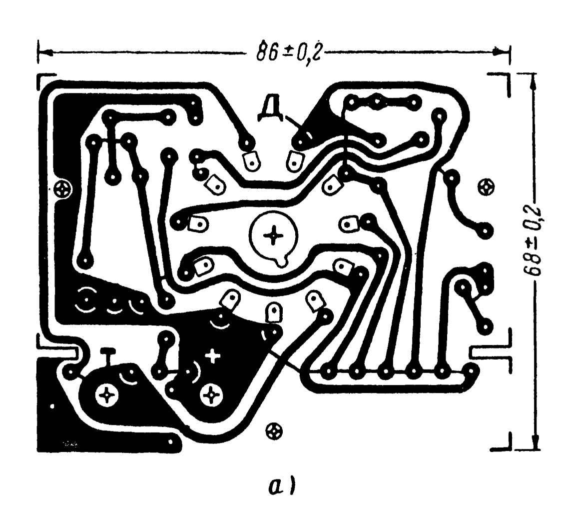
а)



б)

Рис. 12. Плата *Г*.

а — печатные соединения; *б* — смонтированная плата.



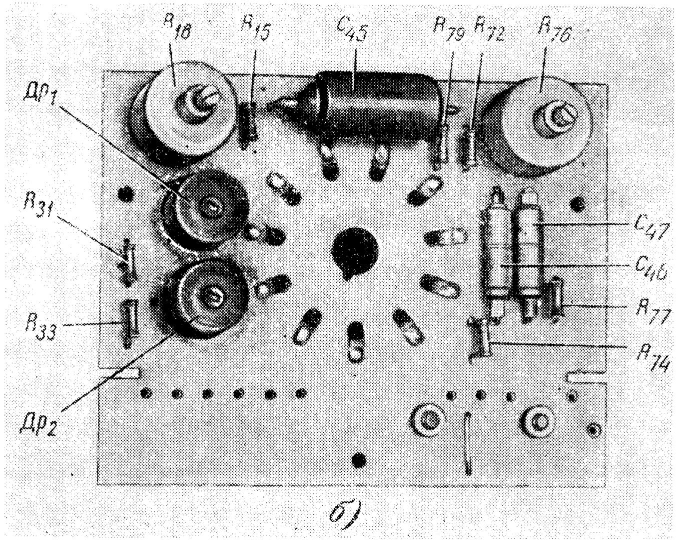


Рис. 13. Плата *Д*.

а — печатные соединения; *б* — смонтированная плата.

так, что к крышке оказывается прижатой боковая грань бруска. В этом случае ножки располагаются вдоль корпуса осциллографа и опять фиксируются пружиной.

На рис. 18 изображены детали примененных в осциллографе самодельных переключателей. Детали *1—3* принадлежат переключателю с печатными контактами $П_2$ и $П_4$. Втулка *2* закрепляется на печатной плате двумя заклепками диаметром 2 *мм*. Втулка служит

опорой для оси переключателя, а также общим контактом. На оси переключателя *1* закреплена контактная пружина *3* Она может перемещаться по контактам, изготовленным из медных посеребренных заклепок и развальцованных на печатных соединениях платы Ручка *4* укрепляется на оси переключателя клеем БФ-2

Детали *5—8* принадлежат переключателям на два положения ($П_1$, $П_3$, $П_5$). В этих переключателях наряду с самодельными деталями использованы готовые детали от реле РЭС-9. Это опорные контакты *9* и пружинные контакты с изолирующими втулками *10* Пружинные контакты (один для $П_5$ или четыре для $П_1$ и $П_3$) укреплены на стойке *5* винтом Так как пружины запрессованы в пластмассовые опорные втулки, то дополнительной изоляции не требуется

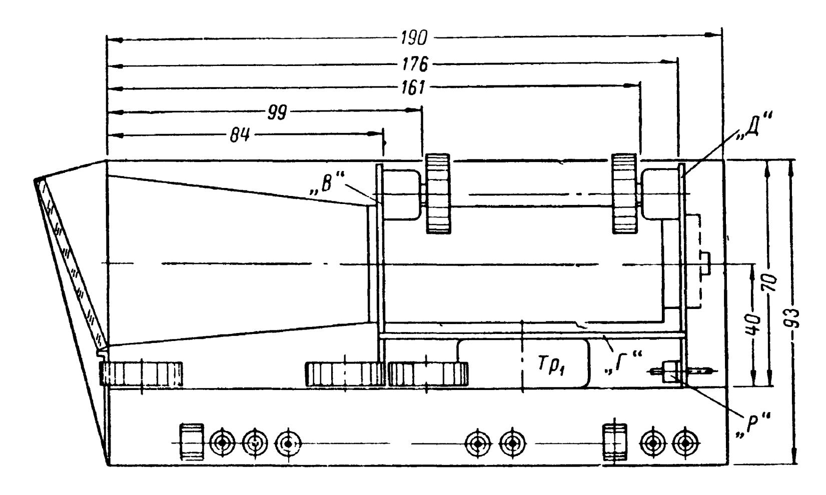
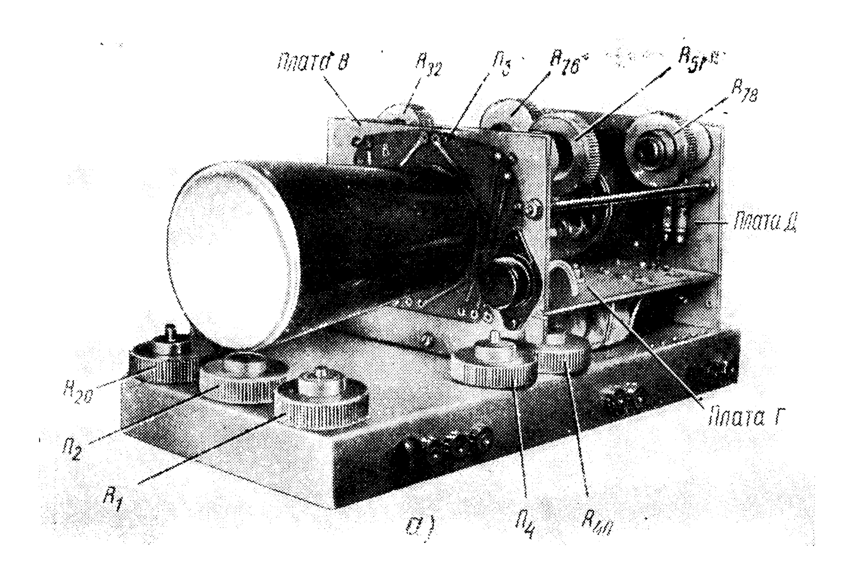


Рис 14 Эскиз конструкции осциллографа

Ручка переключателя *8* удерживается в пазу корпуса пружиной *7* Уголок *6* предназначен для отжимания перекидного пружинного контакта от опорного контакта Отжатый пружинный контакт прижимается ко второму пружинному контакту, когда ручка переключателя переводится в верхнее (по рисунку) положение Опорный контакт *9* впаивают непосредственно в печатную плату.

На рис. 19 показан внешний вид осциллографа.

Четыре последовательно соединенных аккумулятора типа СЦ-5 расположены в отдельном кожухе, детали которого изображены на рис. 20. Кожух *1* изготовлен из листовой стали толщиной 1 *мм* В верхней стенке кожуха вырезан паз для ручки выключателя питания Детали переключателя приведены на рис *18* К бортикам в передней части кожуха прикрепляют переднюю стенку, составленную из трех пластин *2*, *3* и *4* Пластина *2*, закрывающая спереди кожух, имеет четыре отверстия для винтов, закрепляющих ее к бортикам кожуха К пластине *2* четырьмя заклепками прикрепляются пластины *3* и *4* Так как пластина *3* несколько меньше (в поперечном направлении) пластины *4*, то между боковыми краями пластин *2* и *4* образуются продольные пазы При стыковке источника пита-



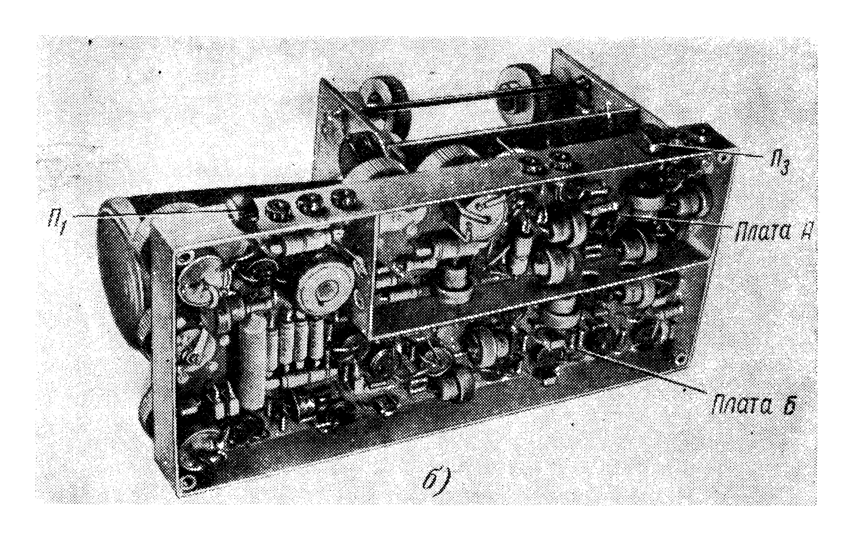


Рис. 15. Внешний вид осциллографа без кожуха.

ния с осциллографом в эти пазы входят бортики, образованные задней кромкой кожуха осциллографа.

Два боковых отверстия диаметром 3 *мм* на пластине *4* сделаны для доступа отвертки к винтам крепления пластины *2*. Через два нижних отверстия диаметром 2,6 *мм* в пластинах *2*, *3* и *4* пропускают стягивающие эти пластины медные заклепки. С внутренней стороны пластины *2* под эти заклепки поставлены лепестки, к которым припаивают выводы положительного (через переключатель) и

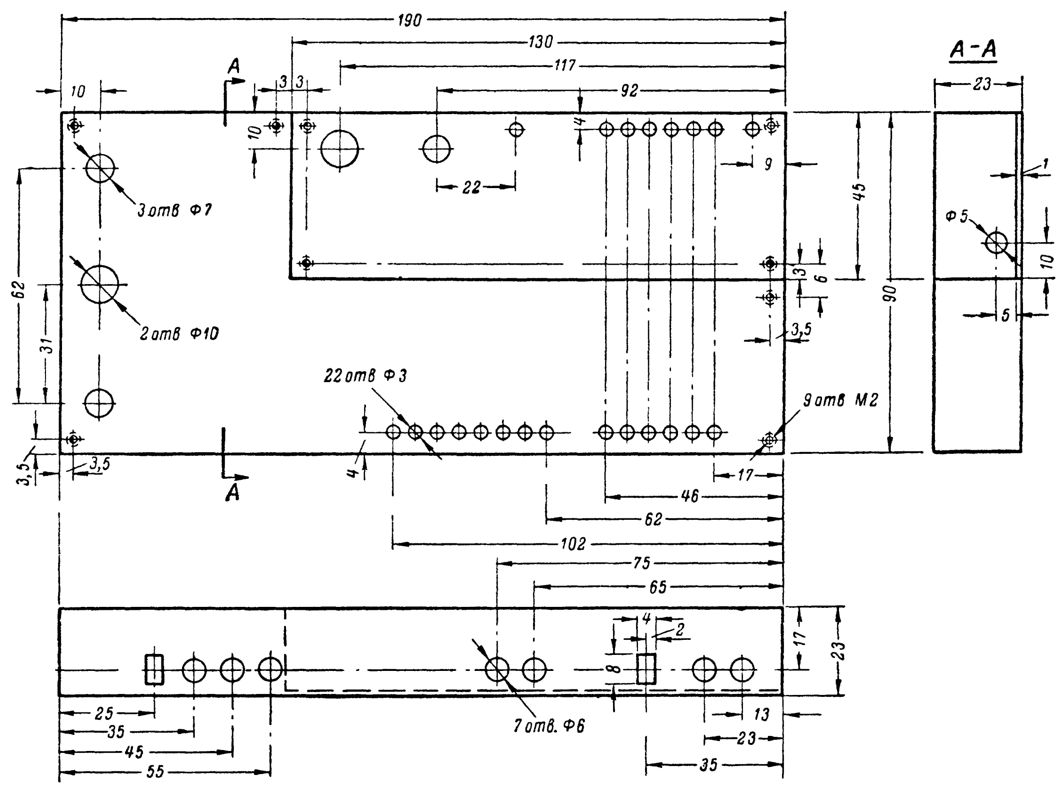


Рис. 16. Шасси осциллографа.

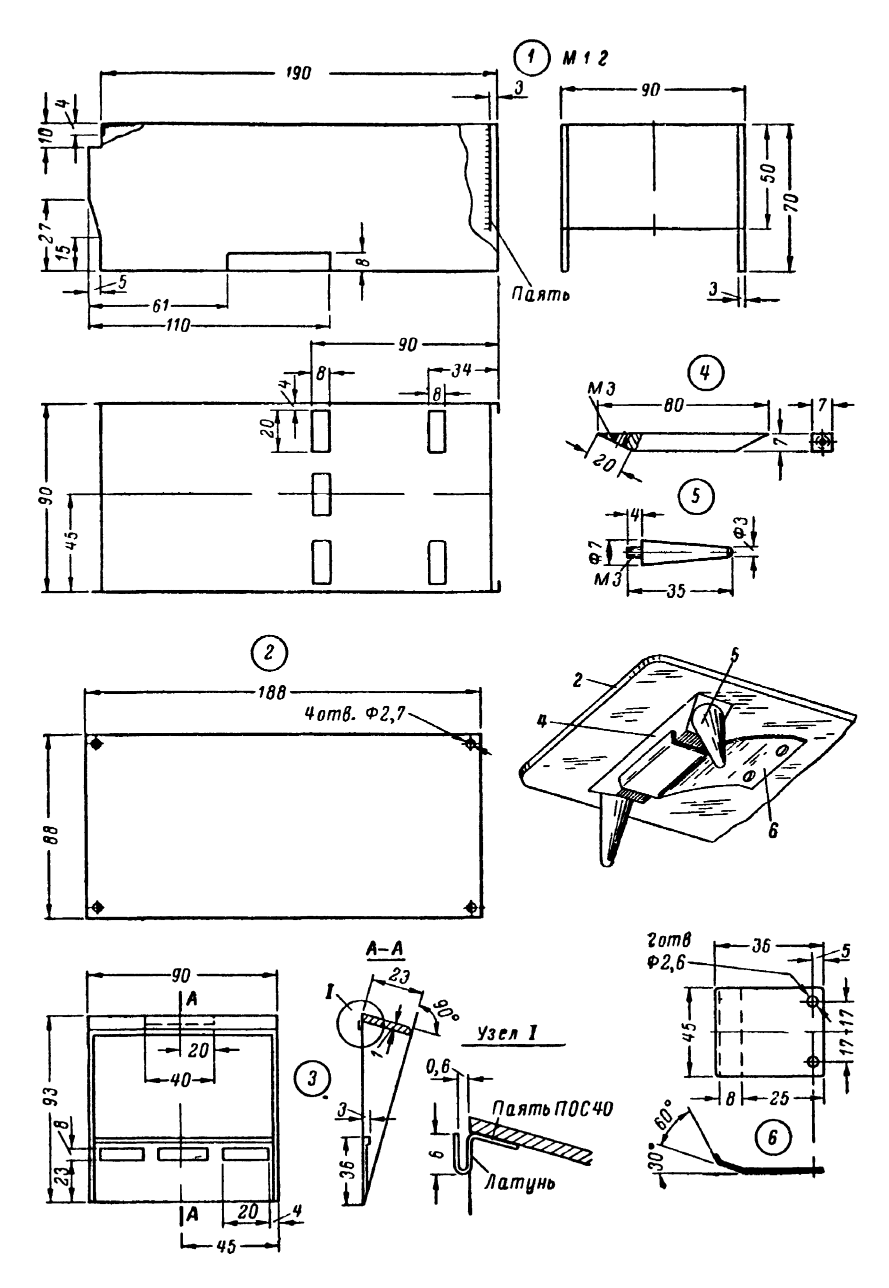


Рис 17 Детали конструкции осциллографа

1 — кожух, сталь 0,5 *мм*; *2* — крышка шасси, латунь 1 *мм*, *3* — козырек латунь 1 *мм*, *4* — брусок дюралюминий, *5* — ножка, дюралюминий, *6* — плоская пружина, фосфористая бронза

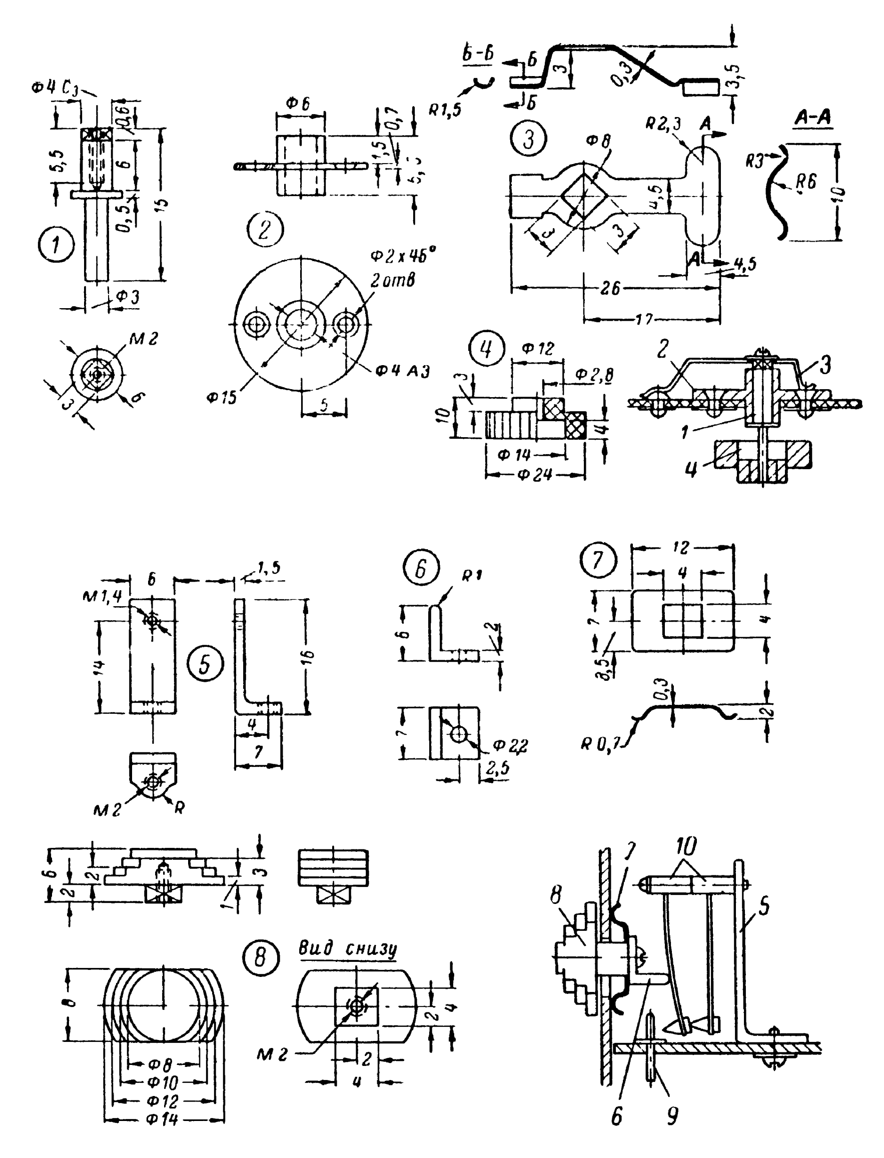


Рис. 18 Детали переключателей осциллографа.

1 — ось (для переключателей $П_2$ и $П_4$); *2* — втулка, латунь; *3* — пружина, фосфористая бронза, *4* — ручка для потенциометров и переключателей; *5* — стойка (для всех переключателей кроме $П_2$ и $П_4$), дюралюминий; *6* — уголок, оргстекло, *7* — пружина, фосфористая бронза; *8* — ручка; *9* — опорный контакт; *10* — пружинные контакты

отрицательного зажимов аккумуляторов. С наружной стороны платы *4* этими же заклепками укреплены две контактные плоские пружины *5*, которые при стыковке источника питания с осциллографом входят в контакт с соответствующими штырьками питания на плате *Д* осциллографа.

На передней панели (рис. 21,*а*) осциллографа расположены ручки плавной *1* и ступенчатой *2* регулировки частоты развертки и ручка *3* регулировки усиления синхронизации. На боковой стенке рис. 21,*б* осциллографа расположены: кнопка *4* переключателя синхронизации $П_1$, гнезда $Г_1$ (вход усилителя синхронизации), $Г_2$ и $Г_3$ (внешний запуск), ручки ступенчатой *5* и плавной *6* регулировки усиления сигнала, гнезда $Г_4$ (вход усилителя сигнала) и $Г_5$ (корпус), кнопка *7* переключателя $П_3$ и гнезда $Г_6$ и $Г_7$ — выводы вертикально-отклоняющих пластин трубки. Через верхнюю стенку кожуха (рис. 22,*в*) выведены: ручка *8* потенциометра R_{32} горизонтального смещения, кнопка *9* переключателя ждущей развертки $П_5$, ручка *10* потенциометра R_{51} вертикального смещения, ручка *11* потенциометра R_{76} регулировки яркости и ручка *12* потенциометра R_{78} фокусировки.

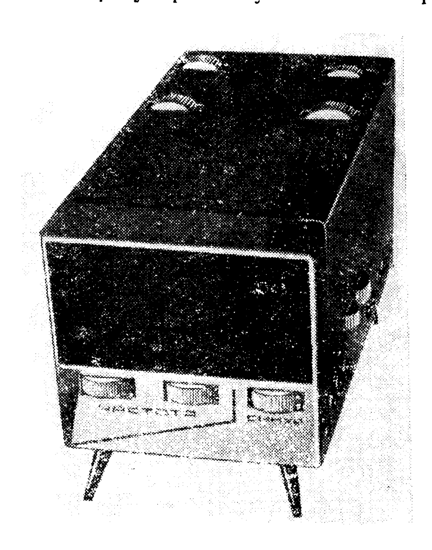


Рис. 19. Внешний вид осциллографа.

Настройка. Схема осциллографа сложна и содержит большое количество каскадов, различных по принципу действия и назначению. Поэтому хорошая работа осциллографа возможна только при тщательной настройке всех его каскадов. Это особенно важно в том случае, если в схеме использованы иные детали, чем указанные в описании.

Для настройки осциллографа следует применять следующие измерительные приборы: осциллограф (желательно импульсный, типа ИО-4 или СИ-1), ламповый вольтметр с входным сопротивлением не менее 1 *Мом*, омметр, в качестве которого можно использовать любой прибор с пределами измерений от единиц ома до 1 *Мом*, генератор стандартных сигналов с диапазоном частот до 2 *Мгц* и выходным делителем до 60 *дб* относительно 1 *в* (например, ГСС-6), генератор звуковых частот с выходным делителем до 60 *дб* (например, ЗГ-10) и генератор прямоугольных импульсов, позволяющий получить импульсы длительностью от 0,1 до 10 *мксек* с амплитудой до 10 *в* (например типа 26И).

Предварительно, перед монтажом схемы, все подготовленные для монтажа элементы следует тщательно проверить. Применение непроверенных элементов может затруднить настройку прибора,

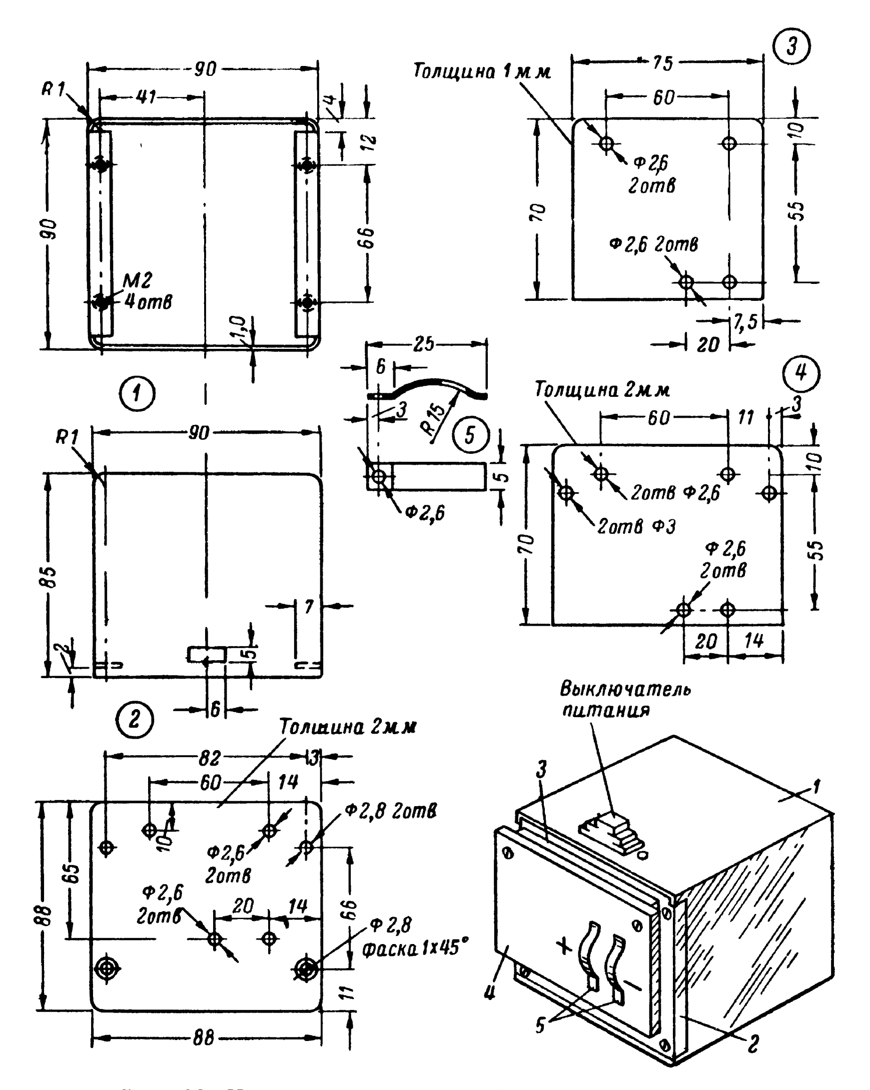


Рис. 20. Конструкция кожуха батареи аккумуляторов.

1 — кожух, сталь; 2 — внутренняя пластина, текстолит; 3 — промежуточная пластина, текстолит, 4 — внешняя пластина, текстолит; 5 — контакт, фосфористая бронза.

а в случае необходимости их замены могут быть повреждены перемычки на печатной плате. Следует обязательно проверить все электролитические конденсаторы, полупроводниковые диоды и транзисторы.

Электролитические конденсаторы следует проверять омметром с пределами измерений от 10 *ком* до 1 *Мом*. Сопротивление утечки конденсаторов в обратной полярности должно быть не менее 50 *ком*, а в прямой (рабочей) полярности — не менее 300 *ком*.

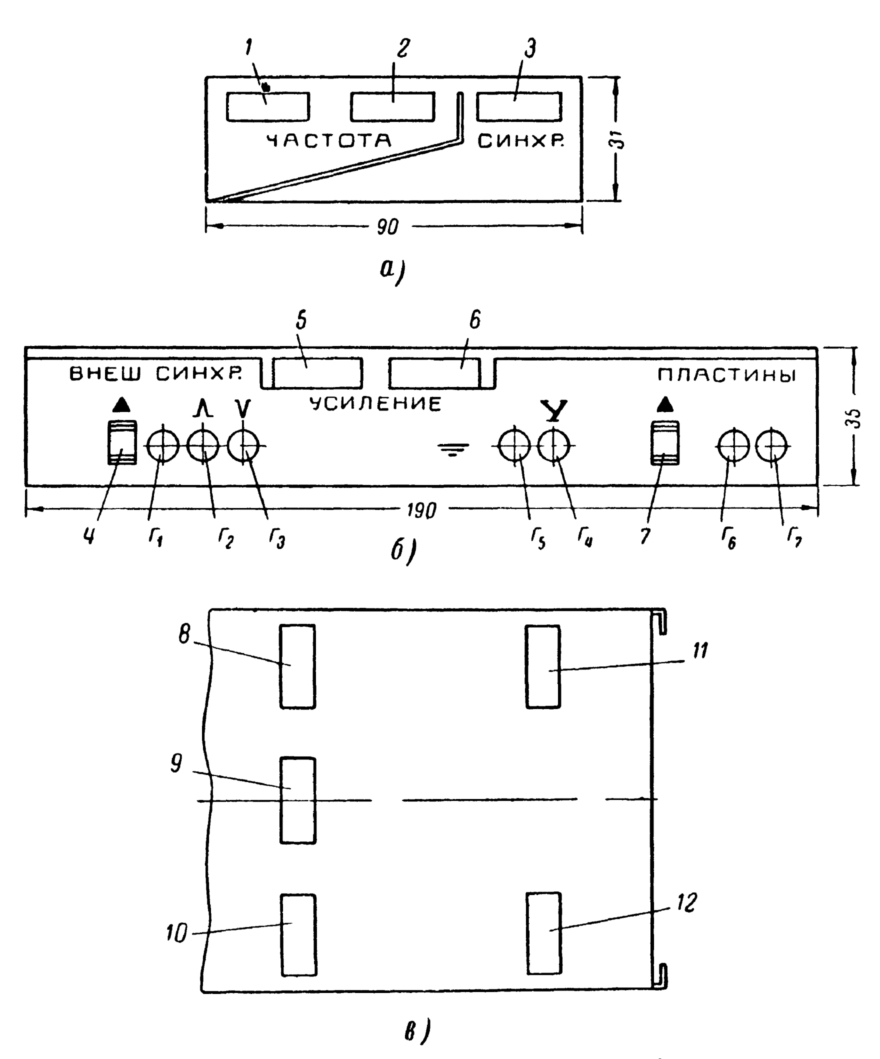


Рис 21. Органы управления осциллографа.

а — со стороны передней панели; *б* — со стороны боковой панели; *в* — сверху

Пары транзисторов T_9, T_{10} и T_{15}, T_{16} должны иметь одинаковые характеристики. Транзисторы T_{11} и T_{12} должны обладать возможно большим коэффициентом усиления по току. Если применить транзисторы П403А, для которых гарантируется коэффициент усиления по току α не менее 0,97, то коэффициент усиления их можно не проверять.

Коэффициент усиления по току α транзисторов П26 должен быть порядка 0,95, транзисторов П403 — в пределах 0,97—0,98, всех остальных маломощных транзисторов 0,96—0,97.

Перед настройкой любого узла осциллографа, еще до подачи на него питающих напряжений, следует тщательно проверить правильность монтажа и правильность включения электролитических конденсаторов и полупроводниковых приборов После подачи питающих напряжений надо первым долгом проверить напряжения на выводах транзисторов (напряжения на электродах транзисторов в нормальном режиме обозначены на схемах соответствующих плат) Вследствие разброса параметров транзисторов замеренные ламповым вольтметром величины напряжений могут отличаться от указанных в схеме на 10—20%.

В качестве источника питания на время настройки осциллографа желательно использовать автомобильный аккумулятор на 6 *в* или выпрямитель с постоянным выходным напряжением 6 *в* Малогабаритные аккумуляторы или сухие батареи обладают относительно небольшой емкостью и быстро разрядятся.

Основные узлы осциллографа настраивают в следующей последовательности преобразователь питающих напряжений, блок развертки (плата *Б*), усилитель исследуемого сигнала (плата *А*).

При настройке преобразователя питающих напряжений платы *А* и *Б* должны быть отключены Параллельно конденсатору C_{49} временно припаивают сопротивление 50—70 *ком* Напряжения преобразователя источника питания первоначально проверяют без электронно-лучевой трубки

Между отрицательным зажимом аккумулятора и штырьком $Г_8$ платы *Д* необходимо включить амперметр со шкалой 1 *а* для контроля потребляемого преобразователем тока Если прибор покажет во время настройки преобразователя ток более 0,8 *а*, то источник питания должен быть немедленно выключен.

Сначала проверяют работу преобразователя напряжений на транзисторах T_{20} и T_{21} Для этого коллектор одного из них соединяют со входом вертикального усилителя осциллографа любого типа. Если при включении источника питания потребляемый ток превышает допустимый, а колебаний прямоугольной формы на коллекторе не наблюдается, то следует поменять местами концы коллекторной *I* или базовой *II* обмоток трансформатора $Тр_2$, предварительно выключив питание. При нормальной работе преобразователя импульсы прямоугольной формы на коллекторе каждого из транзисторов имеют длительность, равную половине периода повторения. Если длительность импульсов меньше, то следует проверить транзисторы и выяснить, какой из них не работает.

Если преобразователь не работает, то проверяют напряжение на среднем выводе коллекторной обмотки *I* Напряжение на нем должно быть —6 *в*

Затем измеряют выпрямленные напряжения на обмотках *III*, *IV* и *V* преобразователя. Величины выпрямленных напряжений могут отклоняться в пределах +30÷—10% от указанных на схеме, так как выпрямители нагружены лишь частично. Более точно напряжения измеряют после подключения всей схемы осциллографа к преобразователю питающих напряжений.

Убедившись, что на контактах *1* и *11* панели электронно-лучевой трубки есть напряжение накала (6 *в*), можно вставить в панель трубку. Регуляторы яркости и фокусировки устанавливают в среднее положение; при этом в центре экрана должно появиться светящееся пятно

Надо помнить, что при работающем преобразователе в цепи питания второго анода трубки напряжение превышает 600 *в*

Настройку блока развертки начинают с генератора Для этого плату *Б* подключают к преобразователю питающих напряжений и к плате *В* Выключатель $П_5$ («Ждущая развертка») должен быть разомкнут, переключатель $П_2$ установлен в положение *1*, а движок потенциометра R_{20} в среднее положение Затем измеряют напряжения питания (—6 и —16 *в*) и напряжения на коллекторе транзистора T_4 и базе транзистора T_6 Когда на генератор развертки подано напряжение питания —16 *в*, напряжение на коллекторе T_4 достигает —1,5 *в*, а на базе T_6 —1,8 *в* (при частоте повторения развертки порядка 50 *гц*)

Форму пилообразного напряжения развертки просматривают на экране вспомогательного осциллографа, снимая это напряжение с эмиттера транзистора T_6 (рис 22,*а*) Размах пилообразного напряжения достигает 4 *в*, время спада (обратный ход) порядка 3 *мксек*. Если генератор развертки не работает, следует проверить состояние триггера

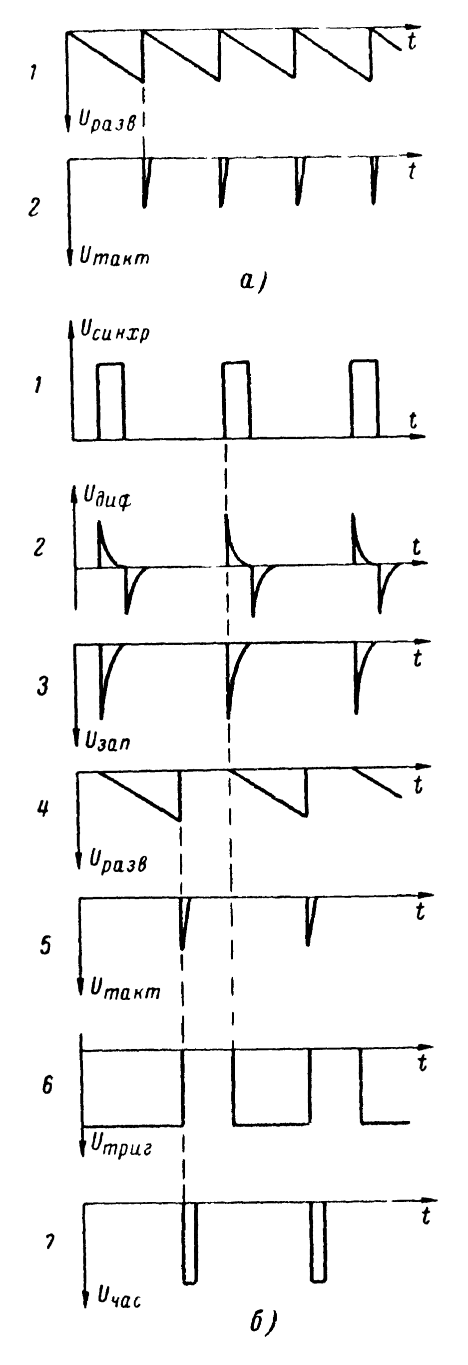


Рис 22 Форма напряжений в канале развертки

а — в режиме автоколебаний *1* — напряжение развертки на эмиттере T_6, *2* — тактовый импульс на коллекторе T_6,
б — в ждущем режиме *1* — запускающий импульс на $Г_2$, *2* — продифференцированный запускающий импульс (на R_{71}), *3* — запускающий импульс на коллекторе T_1; *4* — напряжение развертки; *5* — тактовый импульс, *6* — напряжение на коллекторе T_3, *7* — гасящий импульс на коллекторе T_{19}

ждущей развертки Для этого измеряют напряжение на коллекторе транзистора T_3 Оно должно быть порядка —6 *в* (транзистор заперт) Если это напряжение мало, т е транзистор T_3 отперт, надо несколько уменьшить величину сопротивления R_8 Тогда триггер перейдет в первое устойчивое состояние, при котором транзистор T_3 будет заперт

Для проверки работы ждущей развертки замыкают выключатель $П_5$ и на гнездо $Г_2$ подают положительный импульс с внешнего генератора прямоугольных импульсов с амплитудой в доли вольта Этот импульс, дифференцированный на обмотке входного трансформатора $Тр_1$, снимают с коллектора транзистора T_1 и просматривают его форму на экране осциллографа Он должен быть отрицательным Если импульс положительный, значит на гнездо $Г_2$ следует подавать отрицательный запускающий импульс, а на гнездо $Г_3$ — положительный. Если при замыкании выключателя $П_5$ генератор развертки не переходит в ждущий режим (пилообразное напряжение на эмиттере транзистора T_6 не исчезает даже при отсутствии запускающего импульса), то следует проверить внешним осциллографом прохождение тактового импульса с коллектора транзистора T_6 через буферный каскад на транзисторе T_{17} до сопротивления R_{12} Если же при замыкании выключателя $П_5$ генератор развертки вообще прекращает работать, то надо проследить за прохождением запускающего импульса до сопротивления R_6 и проверить осциллографом работу триггера.

При проверке запуска генератора в ждущем режиме на экране импульсного осциллографа просматривают форму напряжения на выходе генератора развертки. Частоту повторения развертки выбирают в 2—3 раза выше частоты повторения запускающих импульсов Форма напряжения на эмиттере транзистора T_6 при работе генератора в ждущем режиме показана на рис 22,*б*.

Следует убедиться в том, что при вращении движков потенциометров R_1 и R_{20} по часовой стрелке амплитуда сигнала синхронизации и частота развертки увеличиваются В противном случае надо поменять местами выводы соответствующих потенциометров

Настройка усилителя развертки сводится в основном к проверке режимов транзисторов T_7—T_{10} при выключенном или переведенном в ждущий режим генераторе развертки. Напряжения на коллекторах транзисторов T_7 и T_8 должны быть равны Если они отличаются более чем на 10%, то следует подобрать величину одного из сопротивлений R_{24} или R_{27}. При увеличении сопротивления в цепи базы отрицательное напряжение на коллекторе этого транзистора увеличивается.

При среднем положении движка потенциометра R_{32} напряжения на коллекторах транзисторов T_9 и T_{10} будут равны.

После проверки режимов транзисторов генератор развертки переводят из ждущего режима в автоколебательный Форму пилообразного напряжения на коллекторе транзистора T_7 (или T_8) просматривают на внешнем осциллографе и величину сопротивления R_{23} подбирают такой, чтобы не было ограничения пилообразного напряжения сверху или снизу. Затем поочередно просматривают форму пилообразного напряжения на коллекторах транзисторов T_9 и T_{10}. Если она искажается сверху или снизу, то сопротивление R_{23} следует увеличить. На этом настройку усилителя развертки можно считать законченной Остается лишь проверить правильность раз-

вертки луча на экране трубки Для этого на вертикально-отклоняющие пластины трубки (на гнезда $Г_6$ и $Г_7$) от генератора прямоугольных импульсов подают импульс длительностью 1—10 *мксек* и амплитудой 10—15 *в* любой полярности Генератор развертки переводят в ждущий режим и для его запуска используют этот же импульс, поданный на гнездо $Г_2$ (или $Г_3$, если импульс отрицательный). При правильном направлении развертки (слева направо) импульс будет виден в левой стороне экрана.

Необходимо убедиться также в том, что при вращении движка потенциометра R_{32} вправо линия развертки на экране трубки смещается вправо

Для настройки генератора гасящего импульса используют ламповый вольтметр и внешний осциллограф При выключенном генераторе развертки генератор гасящего импульса не работает Когда генератор развертки работает, тактовые импульсы должны периодически переводить генератор гасящего импульса во временно устойчивое состояние Форма импульсов на коллекторе транзистора T_{19}, наблюдаемых на внешнем осциллографе, показана на рис. 22,*б*. При настройке следует подобрать величину запускающего импульса на базе транзистора T_{18} и длительность гасящего импульса на коллекторе транзистора T_{19} Если запускающий импульс мал, то генератор гасящего импульса не запускается В этом случае емкость конденсатора C_{35} следует увеличить При слишком большом запускающем импульсе сильно искажается форма гасящего импульса на коллекторе транзистора T_{19} Для уменьшения амплитуды запускающего импульса емкость конденсатора C_{35} надо уменьшить

Как уже упоминалось, длительность гасящего импульса определяется величинами R_{65} и C_{36} Если длительность импульса превышает длительность обратного хода развертки, то на экране осциллографа пропадает начальный участок развертки Чтобы этого не случилось, надо точно определить длительность обратного хода. Для этого на вертикально-отклоняющие пластины внешнего осциллографа подают полное напряжение развертки настраиваемого осциллографа, т е эти пластины соединяют непосредственно с коллекторами транзисторов T_9 и T_{10} Ждущая развертка внешнего осциллографа запускается тактовым импульсом

На экране внешнего осциллографа видны обратный ход развертки и начало нового периода развертки. Нужно отметить на экране точки начала и конца обратного хода развертки. Затем напряжение развертки снимают, а на вход вертикального усилителя внешнего осциллографа подают гасящий импульс. Сопротивление R_{65} подбирают таким, чтобы начало и конец гасящего импульса совпадали с точками, отмеченными на экране и обозначающими начало и конец обратного хода развертки. При этих измерениях усиление по горизонтали внешнего осциллографа изменять нельзя

Настройка усилителя исследуемого сигнала заключается в основном в проверке режимов транзисторов В паре транзисторов T_{13}, T_{14} надо добиться, чтобы падение постоянного напряжения на сопротивлении R_{46} было таким же, как и на сопротивлении R_{48}. Режим транзисторов T_{13}, T_{14} регулируют сопротивлением R_{47}. При среднем положении движка потенциометра R_{51} на коллекторах выходных транзисторов T_{15} и T_{16} напряжения должны быть равными. Наибольшая разность напряжений между этими

коллекторами при полном смещении движка потенциометра в любую сторону составляет 5 *в* Необходимо убедиться в том, что при вращении оси потенциометра R_{40} вправо сигнал на выходе усилителя увеличивается При вращении оси потенциометра R_{51} влево, линия развертки на экране осциллографа смещается вниз В противном случае следует поменять местами крайние выводы потенциометра.

Если напряжения на электродах какого-либо транзистора значительно отличаются от указанных в схеме, то в первую очередь следует проверить качество стоящих в этом каскаде электролитических конденсаторов Особое внимание следует обращать на конденсаторы, включенные в цепи баз транзисторов.

Чаще всего ненормальные режимы происходят из-за ошибок при монтаже высокочастотных и низкочастотных транзисторов. Следует помнить, что последовательность расположения выводов этих транзисторов различна Нередко также происходят ошибки в полярности включения транзисторов, особенно когда одновременно монтируются транзисторы типов *p-n-p* и *n-p-n*.

В любом случае следует прежде всего осмотреть монтаж и, лишь убедившись в том, что все смонтировано правильно, приступать к проверке и замене элементов схемы

Проверить прохождение сигнала через усилитель можно при помощи электронно-лучевой трубки настраиваемого осциллографа. Для этого на гнездо $Г_4$ подают от генератора прямоугольных импульсов положительный импульс с амплитудой 50—100 *мв* (переключатель $П_4$ в положении *1*) Его амплитуду увеличивают до тех пор, пока не начнется ограничение импульса, — это будет видно на экране. Затем полярность входного импульса изменяют на обратную Если усилитель исследуемого сигнала отрегулирован правильно, то ограничение импульса начнется при той же амплитуде.

По форме импульса на экране можно судить о ширине полосы пропускания усилителя исследуемого сигнала При полосе пропускания 1,5 *Мгц* длительность фронта импульса не превышает 1 *мксек.* Поэтому в положении *2* и *3* переключателя $П_4$ величины емкостей конденсаторов C_{22} и C_{23} подбирают так, чтобы длительность этого фронта не превышала 1 *мксек* Амплитуда входного импульса при этом должна быть увеличена в 10 и 100 раз соответственно Следует учесть, что правильная оценка длительности фронта импульса возможна лишь в том случае, если импульс не ограничивается усилителем.

В заключение при помощи генератора стандартных сигналов и генератора низкой частоты снимают амплитудно-частотную характеристику усилителя исследуемого сигнала. Для этого высокочастотный сигнал синусоидальной формы или низкочастотный сигнал подают на вход усилителя исследуемого сигнала. Величину выходного сигнала между коллекторами транзисторов T_{15} и T_{16} измеряют непосредственно на экране настраиваемого осциллографа или ламповым вольтметром. Характеристику снимают в диапазоне частот от 50—100 *гц* до 2 *Мгц*. Характеристика усилителя должна быть равномерна (в пределах 3 *дб*) в полосе частот от 100 *гц* до 1,5 *Мгц*. На частоте около 1 *Мгц* наблюдается подъем усиления на 3 *дб* относительно 1 *кгц*.

ДВУХКАНАЛЬНЫЙ КОММУТАТОР

Электронный двухканальный коммутатор позволяет одновременно наблюдать на экране осциллографа два связанных или синхронных сигнала Это значительно упрощает настройку усилителей, фазосдвигающих схем, двухтактных и импульсных каскадов Принципиальная схема коммутатора приведена на рис 23

Коммутатор состоит из триггера на транзисторах T_1 и T_2, импульсы которого служат для поочередного отпирания транзисторов T_3 и T_4, служащих канальными усилителями Коммутирующий триггер срабатывает от отрицательных импульсов При работе с осциллографом в качестве таких перебрасывающих импульсов используются тактовые импульсы

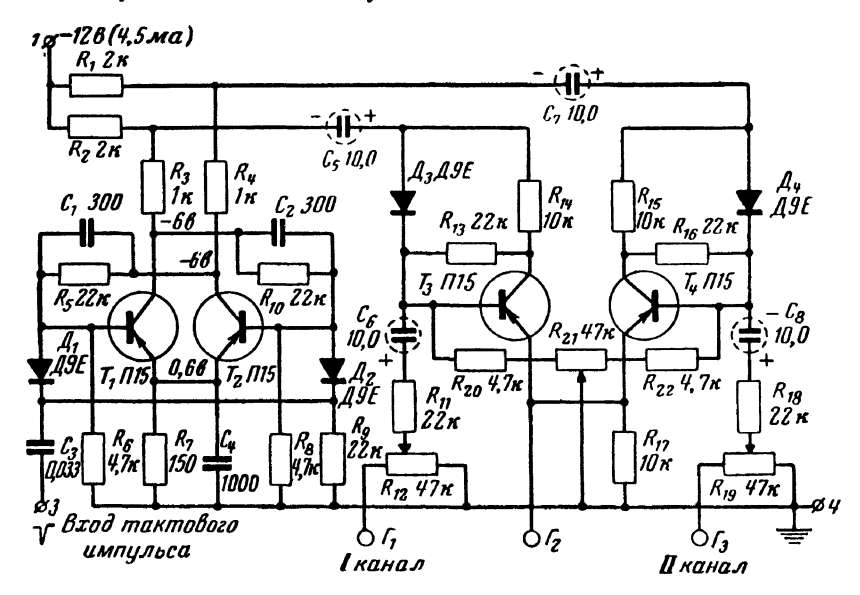


Рис 23 Схема двухканального коммутатора.

Тактовый импульс, поступающий через диоды $Д_1$ и $Д_2$ на базы транзисторов T_1 и T_2, открывает тот из транзисторов триггера, который был заперт, например T_1 Отрицательное напряжение на коллекторе транзистора T_1 снижается почти до нуля. Возникший при этом положительный перепад напряжения поступает через конденсатор C_5 и диод $Д_3$ на базу транзистора T_3 усилителя первого канала и запирает его Одновременно уменьшается и напряжение на коллекторе этого транзистора Такое одновременное воздействие на базу и коллектор транзистора позволяет полностью запереть его, что предотвращает прохождение сигнала с гнезда $Г_1$ на выход коммутатора (гнездо $Г_2$).

В результате переброса триггера транзистор T_2 запирается и отрицательное напряжение на его коллекторе достигает значения напряжения питания — 12 *в* Возникающий в результате этого отрицательный перепад напряжения через конденсатор C_7 поступает на

коллектор транзистора T_4, работающего в качестве усилителя второго канала. Диод $Д_4$ запирается, и на транзисторе T_4 восстанавливается нормальный рабочий режим, при котором транзистор полностью передает сигнал со входного гнезда $Г_3$ на выход коммутатора.

Канальные усилители на транзисторах T_3 и T_4 работают на общее нагрузочное сопротивление R_{17}, с которого сигнал поступает на выход коммутатора.

При появлении на выходе триггера следующего тактового импульса отпирается транзистор T_2, а транзистор T_1 запирается. Соответственно коммутируются и транзисторы T_3 и T_4. Теперь на выход поступает сигнал с первого канала.

Таким образом, на выходное гнездо коммутатора поочередно, в такт с разверткой осциллографа, проходят сигналы с первого и второго каналов коммутатора. На экране осциллографа, вход которого соединен с гнездом $Г_2$ коммутатора, поочередно, с частотой развертки, воспроизводятся оба сигнала. Для разделения на экране сигналов каналов (разнесения их по вертикали) симметрично изменяются смещения канальных транзисторов T_3 и T_4 регулировкой потенциометра R_{21}.

Для раздельной регулировки величины исследуемого сигнала на входе каждого канала имеется потенциометр R_{12} и R_{19}.

Тактовые импульсы, поступающие на вход триггера, должны иметь амплитуду 1—2 *в* и длительность 0,5—10 *мксек*. Амплитуда неискаженного выходного сигнала коммутатора не превышает 1 *в*.

Коммутатор смонтирован на печатной плате размерами 120×75 *мм*. Эскиз печатных соединений платы приведен на рис. 24,*а*, а внешний вид смонтированной платы на рис. 24,*б*.

Передняя панель коммутатора выполнена из алюминия толщиной 3 *мм*. Размеры панели 40×90 *мм*. На внешней стороне панели методом травления нанесены надписи.

Внешний вид коммутатора приведен на рис. 25.

При подборе элементов коммутатора особое значение имеет идентичность параметров транзисторов T_3 и T_4. Рабочие точки этих транзисторов следует выбрать так, чтобы при среднем положении движка потенциометром R_{21} в отсутствие сигналов горизонтальные линии развертки на экране осциллографа обоих каналов совпадали по вертикали.

При настройке коммутатора прежде всего следует измерить напряжения на коллекторах и эмиттерах транзисторов T_1 и T_2. Когда на триггер не подаются перебрасывающие импульсы, напряжение на коллекторе одного из этих транзисторов должно быть — 12 *в*, а на другом близко к нулю. Если дотронуться пальцем до гнезда коммутатора, на которое должны подаваться перебрасывающие импульсы, то исправный триггер будет переключаться из одного устойчивого состояния в другое. При этом напряжение на коллекторе каждого из транзисторов будет принимать попеременно значения — 12 и 0 *в*. Если перебрасывания триггера не происходит, следует проверить правильность включения диодов $Д_1$ и $Д_2$ и транзисторов.

Затем на входное гнездо подают тактовые импульсы отрицательной полярности. Работу триггера контролируют ламповым вольтметром (измеряют напряжение на одном из коллекторов) или осциллографом, при помощи которого просматривают форму импульсов на коллекторах. Если триггер не перебрасывается такто-

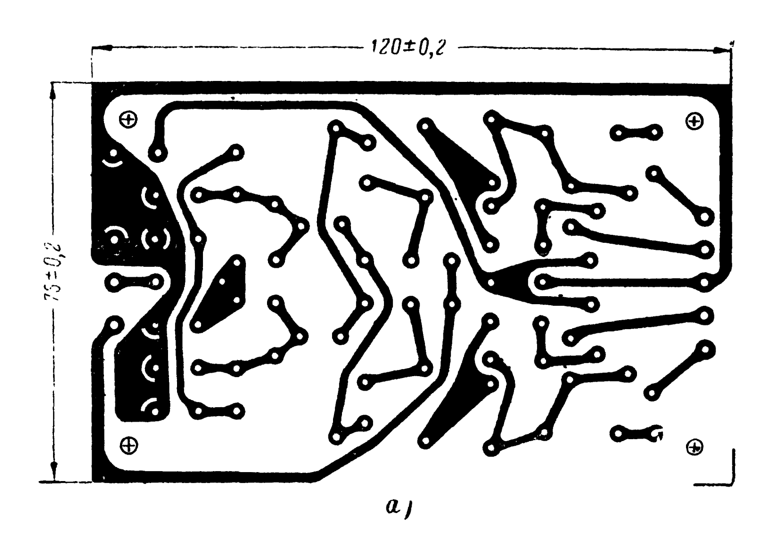


Рис. 24. Плата коммутатора.

а — печатные соединения; б — смонтированная плата.

выми импульсами, то следует увеличить емкость переходного конденсатора C_3 Если напряжения на коллекторах этих двух транзисторов не одинаковы или на осциллографе видно, что импульсы на коллекторах триггера не симметричны и их форма значительно отличается от прямоугольной, следует уменьшить величину емкости конденсатора C_3, так как она влияет как на амплитуду, так и на длительность импульсов, перебрасывающих триггер.

Если триггер работает нормально, то напряжения на коллекторах транзисторов T_1 и T_2 равны и одинаково изменяются

Затем проверяют работу канальных усилителей Для этого гнездо $Г_2$ соединяют со входом осциллографа При работающем триггере на экране осциллографа будут наблюдаться две линии

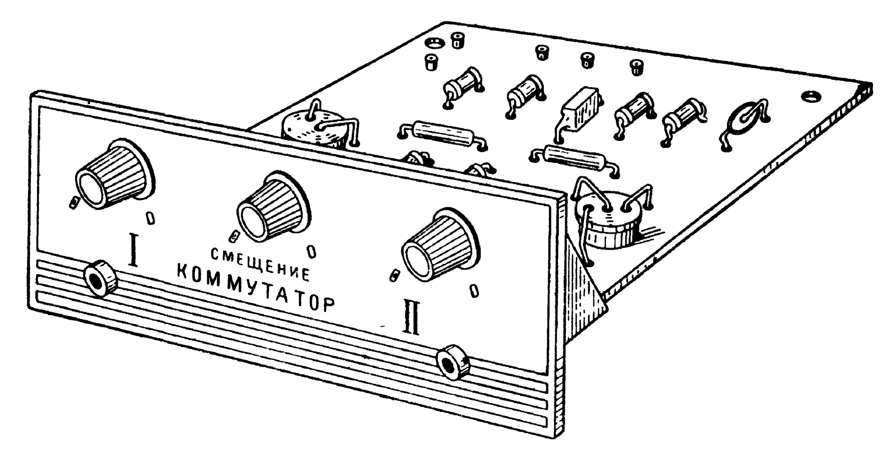


Рис 25 Внешний вид коммутатора

развертки, которые должны сливаться в одну, если движок потенциометра R_{21} установить в среднее положение. Если при регулировке этого потенциометра линии развертки не будут совпадать, то следует проверить правильность включения диодов $Д_3$ и $Д_4$ и транзисторов T_3 и T_4 Одной из причин такой неисправности может быть большая разница в коэффициентах усиления по току транзисторов T_3 и T_4 Если при регулировке потенциометра R_{21} перемещается лишь одна линия развертки, это означает, что работает лишь один канальный усилитель.

Когда оба канальных усилителя заработают нормально, на входные гнезда $Г_1$ и $Г_3$ каналов, можно подать один и тот же синусоидальный сигнал частотой 1 *кгц* Движки потенциометров R_{12} и R_{19} устанавливают в положение, соответствующее максимальному сигналу В этом случае на экране осциллографа должны быть видны две одинаковые синусоиды, которые будут сливаться в одну при установке движка потенциометра R_{21} в среднее положение.

Схема соединений коммутатора с осциллографом и общим выпрямителем приведена на рис. 26. С гнезда $Г_2$ коммутатора выходной сигнал подается на вход усилителя исследуемого сигнала осциллографа. Усиление сигнала в каналах регулируют потенцио-

меграми R_{12} и R_{19} для того, чтобы избежать ограничения сигнала в коммутаторе Необходимый масштаб изображения на экране осциллографа выбирают путем регулировки усиления осциллографа. С осциллографа на коммутатор подается тактовый импульс, осуществляющий коммутацию каналов.

Помимо одновременного наблюдения двух сигналов, при помощи коммутатора можно калибровать развертки осциллографа по времени Для этого на вход одного из каналов коммутатора подают

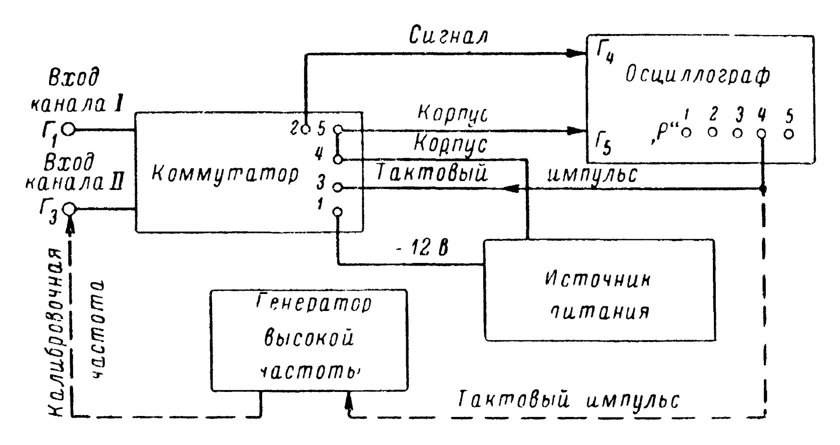


Рис 26. Функциональная схема работы коммутатора

исследуемый сигнал, а на второй канал — сигнал синусоидальной формы с генератора низкой или высокой частоты (в зависимости от длительности развертки) Развертка осциллографа синхронизируется исследуемым сигналом Частоту генератора подбирают такой, чтобы ее период совпадал или был кратен периоду исследуемого сигнала Значение частоты считывают со шкалы генератора, а затем рассчитывают длительность отрезка развертки, соответствующей периоду калибровочной частоты Чтобы оба этих сигнала не перемещались на экране осциллографа один относительно другого, генератор синусоидального сигнала синхронизируется тактовым импульсом осциллографа, что показано штриховой линией на рис 22.

ГЕНЕРАТОР НИЗКОЙ ЧАСТОТЫ

Основным источником сигнала для проверки, калибровки и настройки усилителей низкой частоты и различных схем с частотнозависимыми параметрами осциллографическим методом служит генератор низкой частоты, схема которого приведена на рис. 27

Основные параметры генератора следующие

Диапазон частот от 40 *гц* до 15 *кгц* разбит на четыре поддиапазона (40—200 *гц*, 200—1 000 *гц*, 1—4 *кгц*, 4—15 *кгц*).

Амплитуда выходного сигнала синусоидальной формы регулируется ступенчато (1 и 0,1 *в*) и плавно (до нуля)

Широкополосный усилитель на транзисторе T_1 непосредственно связан с эмиттерным повторителем на транзисторе T_2. Между эмит-

тером транзистора T_2 и базой транзистора T_1 введена цепь положительной обратной связи $C_3C_4C_5R_5R_6R_7R_8$. Параметры этой трехзвенной фазосдвигающей цепи регулируются переменным сдвоенным сопротивлением R_6R_8. При выбранных параметрах цепи сдвиг фазы проходящего через нее сигнала на некоторой частоте достигает 180°. Этот сигнал, поступая на базу транзистора T_1, усиливается и опять поступает через эмиттерный повторитель и фазосдвигающую цепь на базу того же транзистора. Таким образом, для этой частоты обеспечиваются условия самовозбуждения. При изменении пара-

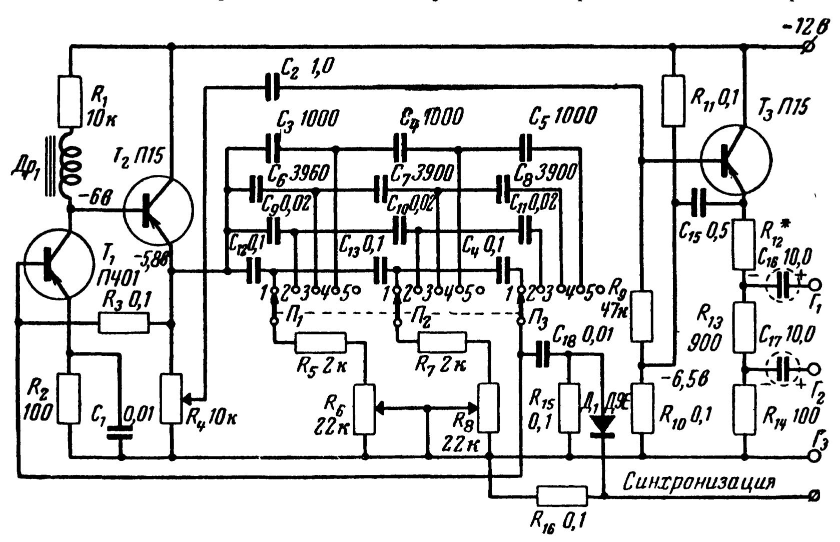


Рис. 27. Схема генератора низкой частоты (величина сопротивления R_{12} подбирается при настройке).

метров фазосдвигающей цепи частота, на которой в схеме поддерживаются колебания, изменяется. В пределах поддиапазона частоту генератора изменяют регулировкой переменного сопротивления R_6R_8, а при переходе с одного поддиапазона на другой переключают емкости фазосдвигающей цепи (на C_6, C_7, C_8 или C_9, C_{10}, C_{11} и т. д.).

Для повышения стабильности работы транзистора T_1 в цепь его эмиттера включено стабилизирующее сопротивление R_2. Конденсатор C_1 введен для высокочастотной коррекции. Дополнительный подъем усиления на высших частотах диапазона, где условия для генерации неблагоприятны, достигается введением в цепь коллектора транзистора T_1 корректирующего дросселя $Др_1$. Для этой же цели выбран высокочастотный транзистор П401.

Транзистор T_2, включенный по схеме с общим коллектором, предназначен для согласования выходного сопротивления каскада на транзисторе T_1 с фазосдвигающей цепью. База транзистора, работающего эмиттерным повторителем, соединена непосредственно с коллектором транзистора T_1, поэтому постоянное напряжение на коллекторе этого транзистора полностью воспроизводится на эмит-

терном сопротивлении R_4 Рабочая точка транзистора T_1 задается током смещения базы, протекающим через сопротивление R_3 в цепи эмиттера транзистора T_2.

Устранение влияния нагрузки на работу генератора достигается введением на его выходе буферного каскада на транзисторе T_3 Буферный каскад обладает высоким входным сопротивлением, если коэффициент усиления по току α примененного в нем транзистора близок к единице Шунтирующее действие цепи базового смещения устраняется тем, что сигнал с выхода вводится в цепь смещения через конденсатор C_{15} В результате этого любым изменениям напряжения сигнала на базе транзистора T_3 соответствуют точно такие же изменения сигнала в точке между сопротивлениями R_9 и R_{10} и ток сигнала через сопротивление R_9 практически отсутствует, несмотря на относительно небольшую величину этого сопротивления. Поэтому выходное сопротивление каскада определяется лишь непосредственно входным сопротивлением транзистора T_3

Величина сигнала, поступающего на буферный каскад, плавно регулируется потенциометром R_4. В эмиттерной цепи транзистора T_3 включен делитель напряжения из сопротивлений R_{12}—R_{14}, с которого снимаются напряжения, плавно регулируемые от 0 до 1 и от 0 до 0,1 *в*. Эти напряжения подаются соответственно на гнезда $Г_1$ и $Г_2$.

Для синхронизации колебаний генератора внешним сигналом на базу транзистора T_1 подают синхронизирующие импульсы отрицательной полярности через диод $Д_1$.

Генератор смонтирован на печатной плате, размеры которой указаны на рис 28,*а*. Внешний вид смонтированной платы показан на рис 28,*б* Передняя панель генератора имеет размеры 150×55 *мм* и выполнена из алюминия толщиной 3 *мм* Внешний вид генератора показан на рис. 29.

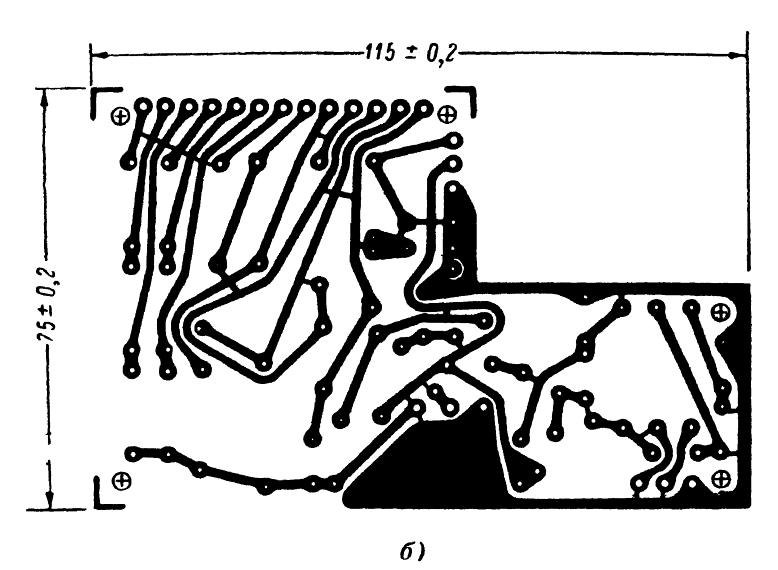
В качестве переменного сопротивления R_6, R_8 применен сдвоенный потенциометр типа СП. На его ось посажен диск *1* из дюралюминия (рис. 30), по образующей которого наклеен барабан из ватмана. На этот барабан и наносят шкалу частот Внутри барабана помещена осветительная лампа Барабан приводится во вращение ручкой, фрикционно зацепленной с резиновой лентой, наклеенной на нижнюю часть барабана. Ось ручки вращается в подшипниках, установленных на кронштейнах, прикрепленных к внутренней стороне лицевой панели Лицевая панель крепится к плате с помощью двух угольников *2*.

Для переключателя $П_1$ применены стандартные платы галетного переключателя на пять положений Дроссель $Др_1$ содержит 300 витков провода ПЭВ 0,06, намотанных на пластмассовый каркас. Дроссель помещен в броневой сердечник СБ-1а.

При настройке генератора прежде всего проверяют режим транзисторов T_1 и T_2 Регулировать режим можно изменением величины сопротивления R_3. Напряжения измеряют ламповым вольтметром. Для проверки качества работы генератора используют осциллограф, на который подают сигнал с одного из выходных гнезд генератора ($Г_1$ или $Г_2$). Если генератор не работает, следует проверить прохождение сигнала в каждом из трех каскадов. Для этого с любого генератора низкой частоты через конденсатор емкостью 0,01 *мкф* подают сигнал (частотой 200 *гц* — 10 *кгц*) на базу транзистора T_1. Амплитуда этого сигнала не должна превышать 0,5 *в* На осцилло-

С14
Синхронизация
-12 в
Д1
R16
R15
Др1
С17 С16
R14
R13
R12
С10
С11
С8
С5
С7
С4
С3
Г3 Г2 Г1 Т3 R11 кR4 Т1 Т2 С12 С9 С6

а)



б)

Рис. 28. Плата генератора низкой частоты.
а — смонтированная плата; *б* — печатные соединения.

графе просматривают сигнал на коллекторе транзистора T_1, на эмиттере транзистора T_2, на базе транзистора T_3 и, наконец, на эмиттере транзистора T_3 При этом движки потенциометров R_4, R_6 и R_8 должны быть в верхнем (по схеме) положении.

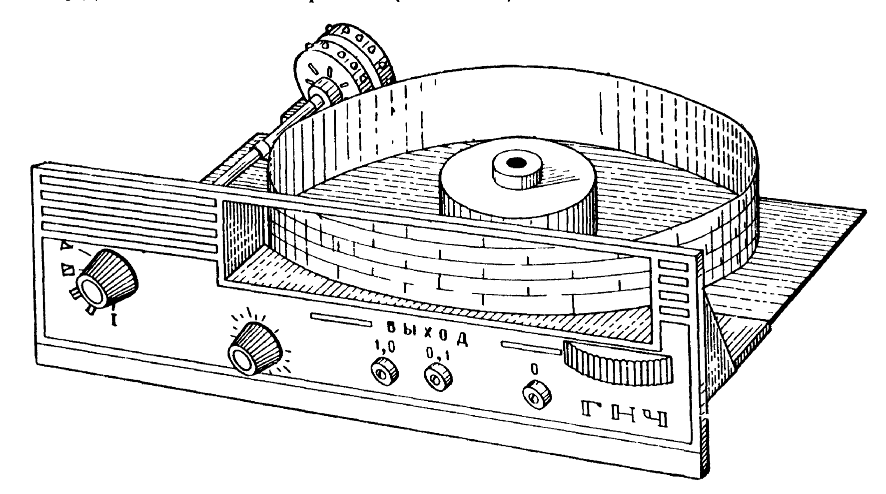


Рис 29 Внешний вид генератора низкой частоты

В работающем генераторе просматривают форму колебаний на выходе (на эмиттере транзистора T_3) для всех четырех поддиапазонов и оценивают величину нелинейных искажений Если искажения синусоидальной формы колебаний заменены наглаз, то следует уменьшить усиление каскада на транзисторе T_1. Для этого достаточно уменьшить величину сопротивления R_1. При этом для сохра-

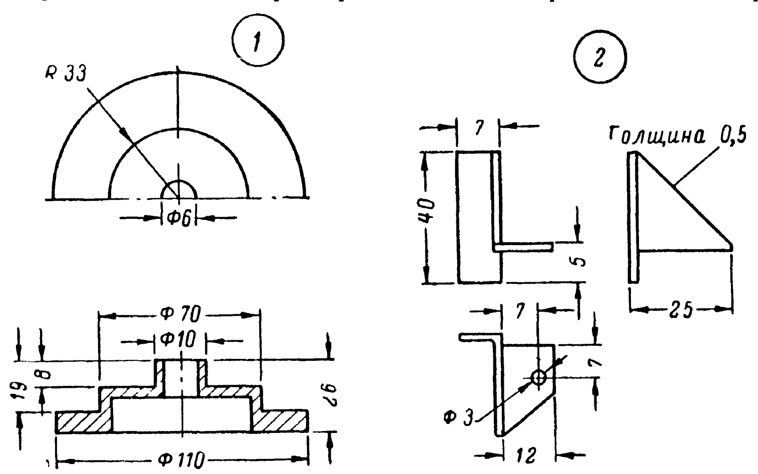


Рис 30 Детали конструкции приставок
1 — диск; *2* — уголок, сталь.

нения режима необходимо соответственно уменьшить и величину сопротивления R_3 Однако одновременно следует проверить, работает ли генератор на высших частотах диапазона

Затем при помощи эталонного генератора звуковой частоты градуируют шкалы плавной регулировки частоты (сопротивления R_6, R_8) в каждом из поддиапазонов Сравнивать частоты настраиваемого и эталонного генераторов удобнее всего с помощью осциллографа Для этого на вход усилителя исследуемого сигнала подают напряжение с выхода исследуемого генератора, а напряжение с образцового генератора подают на вход усилителя развертки осциллографа При выключенном генераторе развертки (он переведен в ждущий режим) на экране электронно-лучевой трубки образуются фигуры Лиссажу, при равенстве частот настраиваемого и эталонного генераторов на экране трубки получается окружность или эллипс в зависимости от соотношения амплитуд обоих сигналов.

После градуировки шкалы снимают амплитудно-частотную характеристику генератора на всех поддиапазонах и составляют соответствующие калибровочные графики Выходное напряжение 1 и 0,1 *в* на гнездах $Г_1$ и $Г_2$ устанавливают приближенно по среднему значению амплитуд в поддиапазонах Для этого следует подобрать величину сопротивления R_{12} (когда движок R_4 находится в верхнем по схеме положении) так, чтобы напряжение на гнезде $Г_1$ в середине одного из поддиапазонов было равно 1 *в*

Для проверки эффективности синхронизации генератора внешним сигналом на гнездо синхронизации подают импульсный сигнал отрицательной полярности с амплитудой 0,5—1 *в* Частота повторения импульсов должна быть выше частоты, на которой работает генератор, на 5—10% или кратна ей Амплитуду импульса синхронизации регулируют до значения, при котором произойдет «захват» частоты генератора синхронизирующим сигналом В этом случае при регулировке в небольших пределах потенциометров R_6, R_8 частота генератора не должна изменяться

ГЕНЕРАТОР ВЫСОКОЙ ЧАСТОТЫ

Источником сигнала для проверки усилителей промежуточной и высокой частот, видеоусилителей, получения их амплитудно-частотных характеристик и измерения коэффициентов усиления служит генератор высокой частоты, схема которого приведена на рис 31

Основные параметры генератора·

Диапазон частот от 100 до 1 300 *кгц* разбит на пять поддиапазонов (100—145, 150—235, 230—380, 380—700, 700—1 300 *кгц*).

Амплитуда выходного сигнала регулируется ступенчато (1 и 0,1 *в*) и плавно (до нуля).

Возможна низкочастотная модуляция глубиной до 100%.

Амплитуда модулирующего сигнала при 100% глубине не более 0,7 *в*.

Генератор собран на транзисторах $Т_1$ и $Т_2$ по каскодной схеме. Транзистор $Т_2$, включенный по схеме с общим эмиттером, непосредственно связан с транзистором $Т_1$, включенным по схеме с общей базой, причем входное сопротивление последнего со стороны эмиттера служит нагрузкой для транзистора $Т_2$ Для каскодной

схемы характерно сочетание высокого входного сопротивления, свойственного каскаду с общим эмиттером, с высоким выходным сопротивлением каскада с общей базой, что позволяет упростить включение колебательного контура в коллекторную цепь транзистора Повышенный коэффициент усиления каскодного усилителя облегчает условия самовозбуждения по всему диапазону частот.

Напряжение самовозбуждения поступает на транзистор T_2 с одной из катушек обратной связи L_6—L_{10}, каждая из которых расположена на одном сердечнике с соответствующей катушкой контура На базу транзистора T_2 поступает также модулирующее

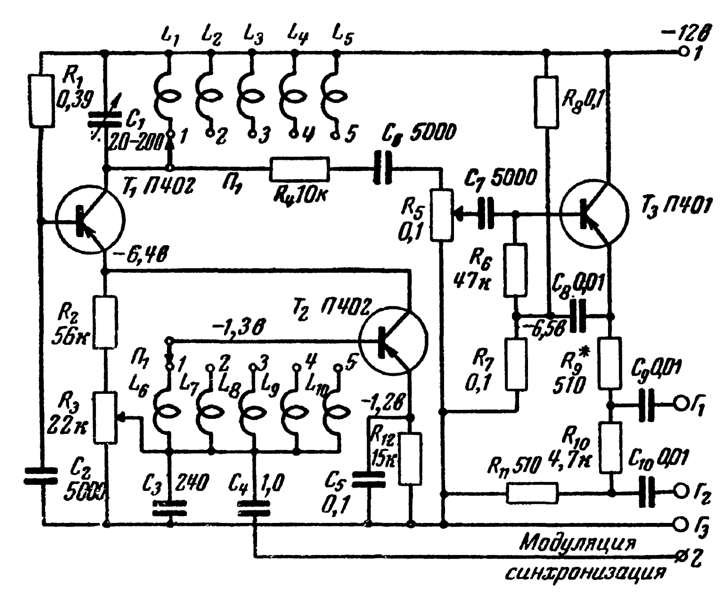


Рис 31 Схема генератора высокой частоты (величину сопротивления R_9 подбирают при настройке).

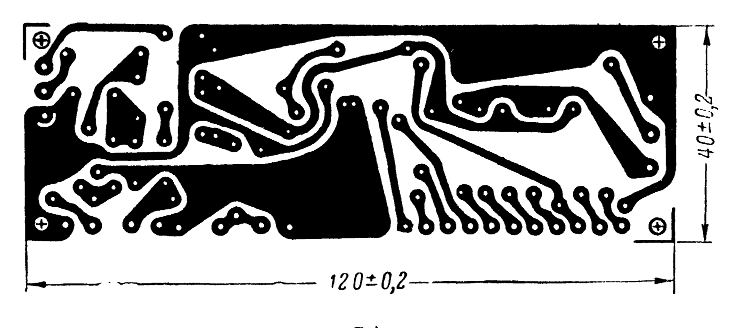
напряжение от внешнего генератора НЧ через конденсатор C_4 Получение неискаженной синусоидальной модуляции возможно лишь при правильно выбранном напряжении смещения на транзистор T_2. Для регулировки напряжения смещения в базовую цепь транзистора включен потенциометр R_3, движок которого заземлен по высокой частоте конденсатором C_3.

Частоту генератора плавно подстраивают конденсатором переменной емкости C_1 Переключение поддиапазонов производят переключателем $П_1$, который поочередно включает в коллекторную цепь транзистора T_1 различные колебательные контуры L_1—L_5, а соответственно им катушки обратной связи в цепь базы транзистора T_2. Амплитуду выходного сигнала регулируют потенциометром R_5

Для устранения влияния нагрузки на работу генератора на выходе его имеется буферный каскад на транзисторе T_3, выполненный по схеме с общим коллектором В эмиттерной цепи транзистора T_3

включен делитель напряжения R_9—R_{11}, с которого снимаются напряжения на выходное гнездо $Г_1$ (максимальное напряжение 1 *в*) и на $Г_2$ (максимальное напряжение 0,1 *в*).

При настройке генератора следует обратить особое внимание на режимы транзисторов T_1 и T_2, так как от правильности их режимов сильно зависит работа генератора. При неправильно выбранном положении рабочей точки транзистора T_2 исказится сигнал модуляции. Поэтому в цепи смещения транзистора T_2 предусмотрен по-



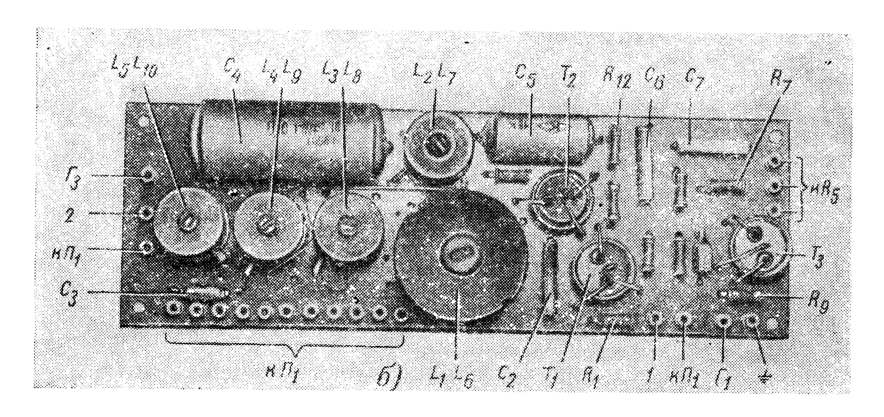


Рис. 32. Плата генератора высокой частоты.
а — печатные соединения; *б* — смонтированная плата.

тенциометр R_3. Его движок после наладки генератора фиксируется клеем БФ-2 или краской.

Генератор высокой частоты смонтирован на печатной плате размерами 40×120 *мм*. Эскиз печатных соединений платы приведен на рис. 32,*а*, а внешний вид монтажа — на рис. 32,*б*. Размеры передней панели 55×145 *мм*. Конструктивно генератор выполнен так же, как и генератор низкой частоты.

В качестве конденсатора переменной емкости применен сдвоенный подстроечный конденсатор КПК-2 с изменением емкости от 10

до 100 *пф* каждый Контурные катушки генератора намотаны проводом ПЭВ 0,1 и помещены в карбонильные броневые сердечники Катушки L_1 (380 витков) и L_6 (12 витков) намотаны на одном каркасе и помещены в броневой сердечник типа СБ-3 Прочие катушки попарно (L_2, L_7, L_3, L_8 и т д.) помещены в сердечники типа СБ-1а Катушки L_2 и L_7 содержат 350 витков и 12 витков соответственно, катушки L_3 и L_8 250 и 8 витков, катушки L_4 и L_9 160 и 5 витков и катушки L_5 и L_{10} 100 и 3 витка

Применение в генераторе транзисторов П402 позволило перекрыть весь диапазон частот без значительного изменения амплитуды генерируемых колебаний Вместо них можно применить транзисторы П401 или П15, однако в этом случае значительно увеличится неравномерность амплитудной характеристики по диапазону

При монтаже генератора сначала удобнее выводы катушек L_7—L_{10} не подпаивать к плате Режим измеряют лишь в положении *1* переключателя $П_1$ Если при выбранном режиме генератор не работает, то следует поменять местами выводы катушки L_6 Если и после этого генератор не начнет работать, то на базу транзистора T_1 следует подать через конденсатор емкостью 100 *пф* напряжение от генератора стандартных сигналов Частота этого напряжения должна лежать в предполагаемом диапазоне частот работы генератора Затем осциллографом проверяют прохождение синусоидального сигнала по каскадам и выявляют неисправный каскад

Затем переключатель $П_1$ устанавливают в положение *2* и выводы катушки L_7 подпаивают так, чтобы генератор работал и в этом поддиапазоне То же проделывают и для остальных поддиапазонов. При всех проверках конденсатор переменной емкости должен быть установлен в среднее положение

Когда будет проверена работа генератора на всех поддиапазонах, снимают его амплитудную характеристику в пределах каждого из поддиапазонов и градуируют шкалы генератора по методике, аналогичной описанной для генератора низкой частоты Затем при верхнем по схеме положении движка потенциометра R_5 подбирают величину сопротивления R_9 так, чтобы напряжение сигнала, снимаемого с гнезда $Г_1$, было близко к 1 *в* в середине каждого из поддиапазонов

Для оценки параметров модулированного сигнала на гнездо модуляции подают синусоидальный сигнал частотой 400 *гц* от генератора низкой частоты Осциллографом измеряют амплитуду модулирующего сигнала и соответствующий ей коэффициент модуляции высокочастотного сигнала генератора, затем строят модуляционную характеристику генератора.

Для оценки эффективности синхронизации генератора внешним сигналом на гнездо модуляции подают от образцового генератора высокой частоты синусоидальное напряжение. Частота синхронизирующего сигнала может отличаться от частоты генератора на 5—10% Амплитуду синхронизирующего сигнала регулируют до значения, при котором происходит «захват» частоты генератора Когда это произойдет, частота генератора не должна изменяться при небольшой расстройке контура Синхронизация может осуществляться и импульсным сигналом, если частота повторения импульсов кратна частоте генератора

ПРИСТАВКА ДЛЯ НАБЛЮДЕНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ПРИБОРОВ

Приставка предназначена для визуального наблюдения на экране осциллографа выходных характеристик транзисторов *n-p-n* и *p-n-p*-типов и вольт-амперных характеристик германиевых и кремниевых диодов. Схема приставки приведена на рис. 33.

Основные ее параметры следующие:

максимальное напряжение на коллекторе ±20 *в*;

фиксированные токи базы 25, 50, 75 и 100 *мка*;

частота переключения характеристик 200 *гц*;

частота развертки луча осциллографа 100 *гц*;

максимальная амплитуда сигнала на усилитель развертки осциллографа 20 *в*.

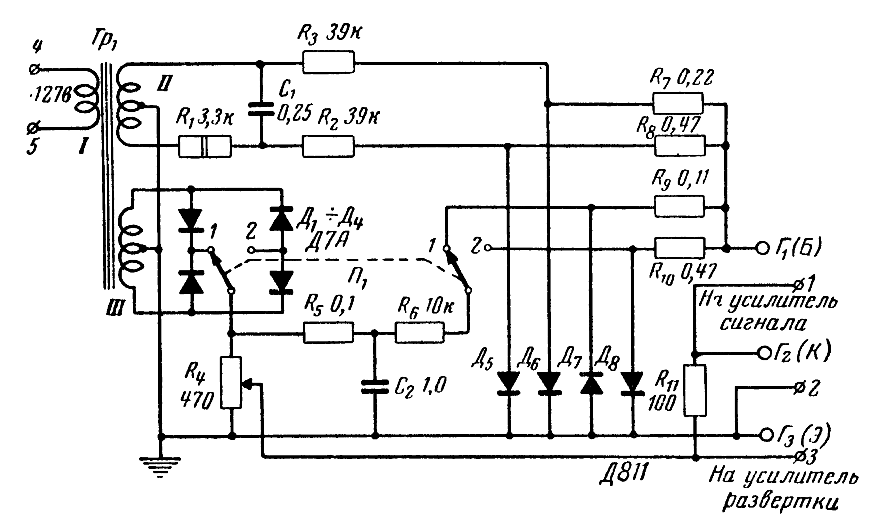


Рис. 33. Схема приставки для наблюдения характеристик.

Приставка состоит из выпрямителя напряжения для питания коллекторных цепей транзисторов и четырех выпрямителей на кремниевых стабилитронах, формирующих токи смещения базы исследуемого транзистора. Форма напряжений и токов в схеме при работе с транзисторами типа *n-p-n* показана на рис. 34,*а*, а при работе с транзисторами типа *p-n-p* — на рис. 34,*б*.

При проверке транзисторов типа *n-p-n* на коллектор исследуемого транзистора, подключенный к гнезду $Г_2$, подается пульсирующее напряжение с частотой 100 *гц*, получаемое на сопротивлении R_4 после двухполупериодного выпрямления от обмотки *III* трансформатора. Переключатель $П_1$ устанавливают в положение *1*. Форма напряжения на сопротивлении R_4 показана на рис. 34,*а* (*1*). Это же напряжение подают на усилитель развертки осциллографа через зажим *3* приставки. Генератор развертки осциллографа при этом должен быть поставлен в ждущий режим. На вход усилителя сиг-

нала осциллографа подают напряжение с сопротивления R_{11} (зажим 1), пропорциональное току коллектора транзистора При этом на экране осциллографа будет наблюдаться зависимость изменения коллекторного тока исследуемого транзистора от изменения напряжения на его коллекторе при постоянном токе базы, т е выходная характеристика транзистора За один период изменения напряжения питающей сети (что соответствует двум периодам пульсирующего напряжения на коллекторе исследуемого транзистора) луч электрон-

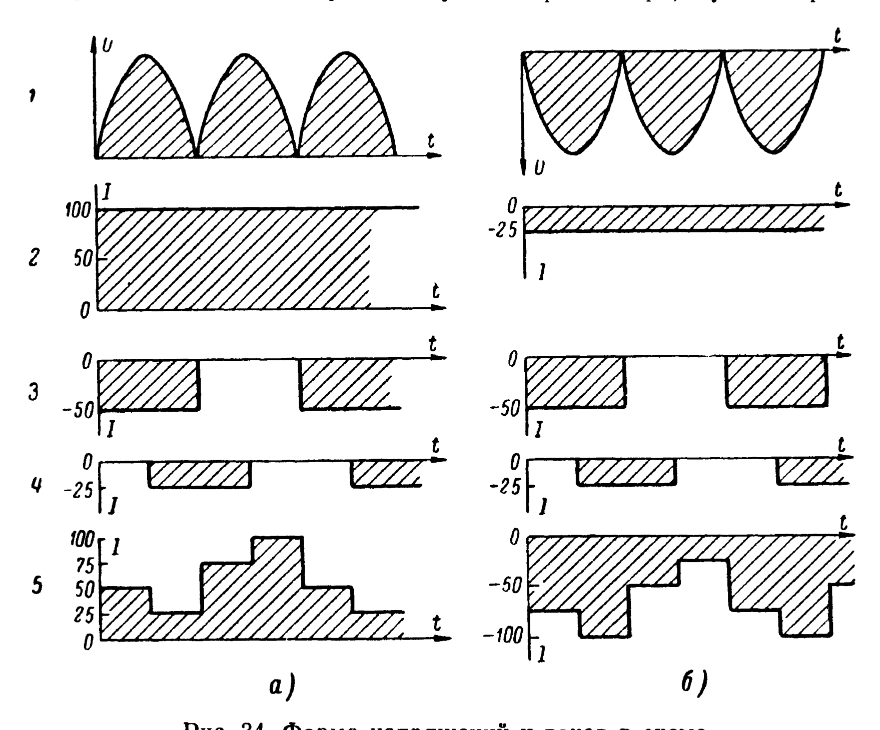


Рис 34. Форма напряжений и токов в схеме

а — для работы с транзисторами типа *n-p-n*; *б* — для работы с транзисторами типа *p-n-p* (*1* — коллекторное напряжение на R_4, *2* — постоянный ток через R_9, *3* — импульсы тока через R_7, *4* — импульсы тока через R_8, *5* — суммарный ток базы на $Г_1$)

но-лучевой трубки совершает два прямых и два обратных хода одинаковой длительности

На базу транзистора подается управляющий ток, форма которого показана на рис 34,*а* (*5*) Каждому полупериоду напряжения развертки соответствует фиксированное значение тока базы За два полупериода развертки ток базы последовательно принимает четыре значения 50, 25, 75 и 100 *мка* Таким образом, при одном ходе луча по экрану осциллографа воспроизводится выходная характеристика транзистора, соответствующая одному из фиксированных значений тока базы, а за два полупериода воспроизводится семейство из четырех выходных характеристик для указанных четырех значе-

ний тока базы Получение управляющего тока показано на рис 34,*а* (*2*, *3* и *4*). Полный управляющий ток состоит из суммы токов, проходящих через сопротивление R_7, R_8 и R_9.

Пульсирующее напряжение с сопротивления R_4 через фильтр R_5C_2 и гасящее сопротивление R_6 поступает на стабилитрон $Д_7$ Стабилизированное напряжение со стабилитрона $Д_7$ подается через сопротивление R_9 в цепь базы исследуемого транзистора Протекающий в этой цепи ток в основном определяется величиной сопротивления R_9 Таким образом, в этой цепи протекает постоянный ток положительной полярности. Необходимую форму тока, протекающего через сопротивление R_7, получают при помощи стабилитрона $Д_6$, который полностью отперт при положительной полуволне подводимого напряжения и работает как ограничитель амплитуды (до уровня напряжения стабилизации) при отрицательной полуволне. Амплитуда отрицательных импульсов тока в цепи сопротивления R_7 определяется величиной этого сопротивления Аналогично формируются импульсы тока в цепи $Д_5R_8$ из синусоидального напряжения, сдвинутого по фазе относительно напряжения питания на 90° фазосдвигающей цепочкой R_1C_1.

При исследовании транзисторов типа *р-п-р* переключатель $П_1$ переводят в положение *2*. В результате изменяется полярность напряжения, подаваемого на коллектор и полярность постоянного тока базы Получающиеся в этом случае формы напряжения и токов показаны на рис. 34,*б*.

Кремниевые стабилитроны $Д_5$—$Д_8$ типа Д811 Можно использовать и другие стабилитроны, однако тогда несколько изменятся фиксированные значения токов смещения базы

Трансформатор выполнен на тороидальном витом ленточном сердечнике из материала ХВП. Внешний диаметр тороидального сердечника 38 *мм*, сечение 2,1 *см*². Обмотка *I* содержит 1 900 витков (активное сопротивление обмотки 250 *ом*); обмотка *II* состоит из 1 500+1 500 витков (200+200 *ом*), обмотка *III* — из 250+250 витков (35+35 *ом*). Все обмотки выполнены проводом ПЭЛ 0,1 *мм*. Переменное напряжение на каждой половине обмотки *II* равно 100 *в*, на каждой половине обмотки *III* 16 *в*.

Для наблюдения на экране осциллографа вольт-амперной характеристики полупроводникового диода его подключают к гнездам $Г_2$ и $Г_3$ При этом в зависимости от полярности подключения диода на экране будет видна прямая или обратная ветвь характеристики.

Приставка смонтирована на печатной плате размером 120×75 *мм* Эскиз печатных соединений платы приведен на рис 35,*а*, а общий вид смонтированной платы — на рис. 35,*б*.

На рис. 36 приведена деталировка зажима для транзисторов. Корпус *1* зажима изготовлен из непрозрачного органического стекла. В три отверстия верхней части корпуса вставляют и развальцовывают посеребренные пистоны Снизу к каждому из пистонов припаивают проводник в эмалевой изоляции, посредством которого пистон соединяется со схемой Проводники приклеены полистирольным клеем в трех желобках, прорезанных на внутренней стороне верхней стенки корпуса зажима Полистирольный клей заливают в желобки, и после того как он застынет всю внутреннюю поверхность корпуса зажима прошлифовывают В корпусе свободно ходит вкладыш *2* с тремя отверстиями Для того чтобы вкладыш не выпадал из корпуса и всегда занимал определенное положение, его фикси-

Рис. 35. Плата приставки.

а — печатные соединения; *б* — смонтированная плата.

руют двумя плоскими пружинами 3 Три отверстия во вкладыше высверлены так, что в обычном состоянии они не совпадают с соответствующими отверстиями на корпусе вкладыша

Если вкладыш утопить (нажатием) на 2 *мм* в корпус, то отверстия на вкладыше и корпусе совпадут и в них можно вставить соответствующие выводы исследуемого транзистора Освобожден-

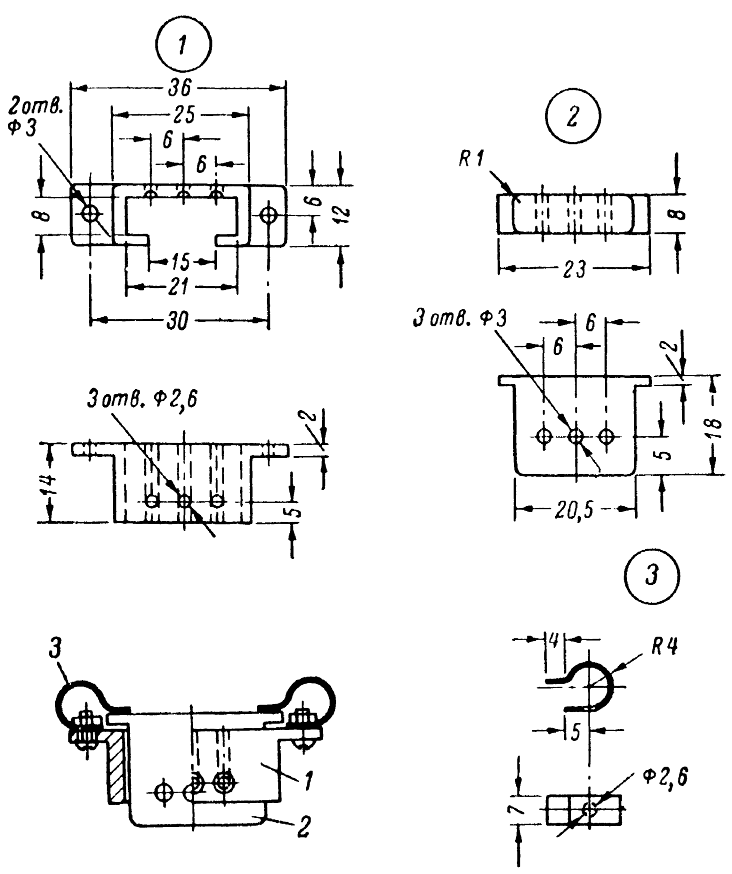


Рис 36 Детали зажима для транзисторов.

1 — корпус, оргстекло, *2* — вкладыш, оргстекло; *3* — пружина, фосфористая бронза.

ный вкладыш под действием пружин стремится занять первоначальное положение, и выводы транзистора прижимаются к стенкам пистонов, чем и достигается необходимый контакт

Внешний вид приставки изображен на рис 37

На рис 38 изображена схема соединений приставки с осциллографом и источником питания

Следует отметить, что приставка позволяет оценить характеристики полупроводниковых диодов и транзисторов не только качест-

венно, но и количественно. Для такой оценки надо установить масштаб изображения на экране осциллографа по вертикали и горизонтали. Вертикальную ось градуируют в значениях тока коллектора, а горизонтальную ось — в значениях коллекторного напряжения.

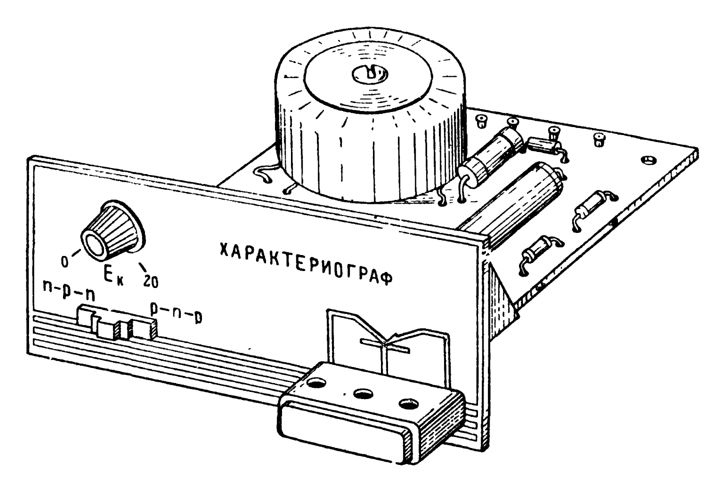


Рис. 37. Внешний вид приставки для наблюдения характеристик.

Масштабы устанавливают при помощи масштабной приставки, схема которой приведена на рис. 39.

Масштабная приставка работает следующим образом. Переменное напряжение 12 *в* частоты 50 *гц* от общего блока питания подается на однополупериодный ограничитель, состоящий из сопротивления R_1 и кремниевого стабилитрона Д810 с напряжением ста-

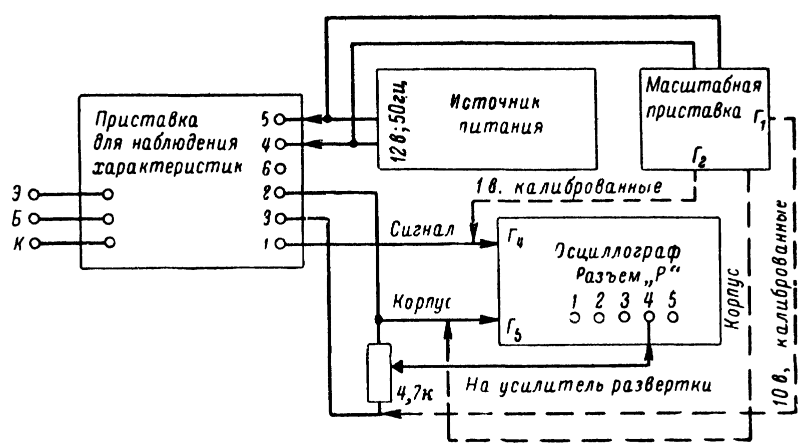


Рис. 38. Функциональная схема работы приставки.

билизации 10 *в* Особенность такого ограничителя состоит в том, что подаваемое на него синусоидальное напряжение подвергается двустороннему ограничению На выходе ограничителя полностью отсутствуют отрицательные полупериоды напряжения, а напряжение положительных полупериодов равно 10 *в* (амплитуда синусоидального напряжения на входе ограничителя должна превышать 10 *в*) Таким образом, на выходное гнездо $Г_1$ ограничителя поступают положительные импульсы с амплитудой 10 *в*, а на гнездо $Г_2$ — с амплитудой 1 *в*, так как они снимаются с делителя напряжения R_2, R_3

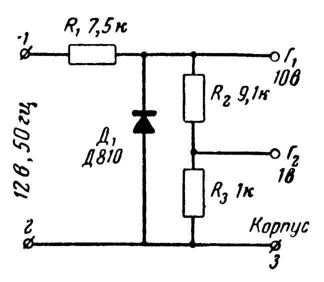


Рис 39 Схема масштабной приставки

Для калибровки горизонтальной оси на вход усилителя развертки осциллографа подают с гнезда $Г_1$ масштабной приставки импульсное напряжение 10 *в*, а усиление регулируют так, чтобы развертка занимала $^2/_3$ диаметра экрана трубки.

По вертикальной оси масштаб устанавливают из следующих соображений Наибольший ток коллектора большинства транзисторов не превышает 20 *ма*. При таком токе на сопротивлении R_{11} коллекторной нагрузки приставки для наблюдения характеристик падает 2 *в* Следовательно, наибольший раствор характеристик по вертикали соответствует входному напряжению 2 *в* на усилителе исследуемого сигнала осциллографа. Поэтому для калибровки вертикальной оси на вход усилителя исследуемого сигнала осциллографа с гнезда $Г_2$ масштабной приставки подводится импульсное напряжение амплитудой 1 *в* и усиление регулируется так, чтобы отклонение луча по вертикали при этом составляло $^1/_3$ диаметра экрана трубки Тогда раствор характеристик, занимающий $^2/_3$ диаметра экрана по вертикали, соответствует коллекторному току 20 *ма*.

Масштабная приставка может применяться не только для калибровки осциллографа при работе его в качестве характериографа, но и для измерений амплитуд любых сигналов, наблюдаемых на осциллографе.

ГЕНЕРАТОР КАЧАЮЩЕЙСЯ ЧАСТОТЫ

Генератор качающейся частоты в сочетании с осциллографом позволяет визуально наблюдать амплитудно-частотные характеристики резонансных усилителей промежуточной частоты радиовещательных приемников. Схема такого генератора приведена на рис. 40.

Основные параметры генератора.

средняя частота $f_{ср}$ 110 и 460 *кгц*;

максимальная девиация (полоса качания) частоты 40 *кгц* при $f_{ср}=110$ *кгц* и 100 *кгц* при $f_{ср}=460$ *кгц;*

наибольшая амплитуда выходного напряжения 1 *в*;

модуляция по частоте осуществляется напряжением сети переменного тока частотой 50 *гц*

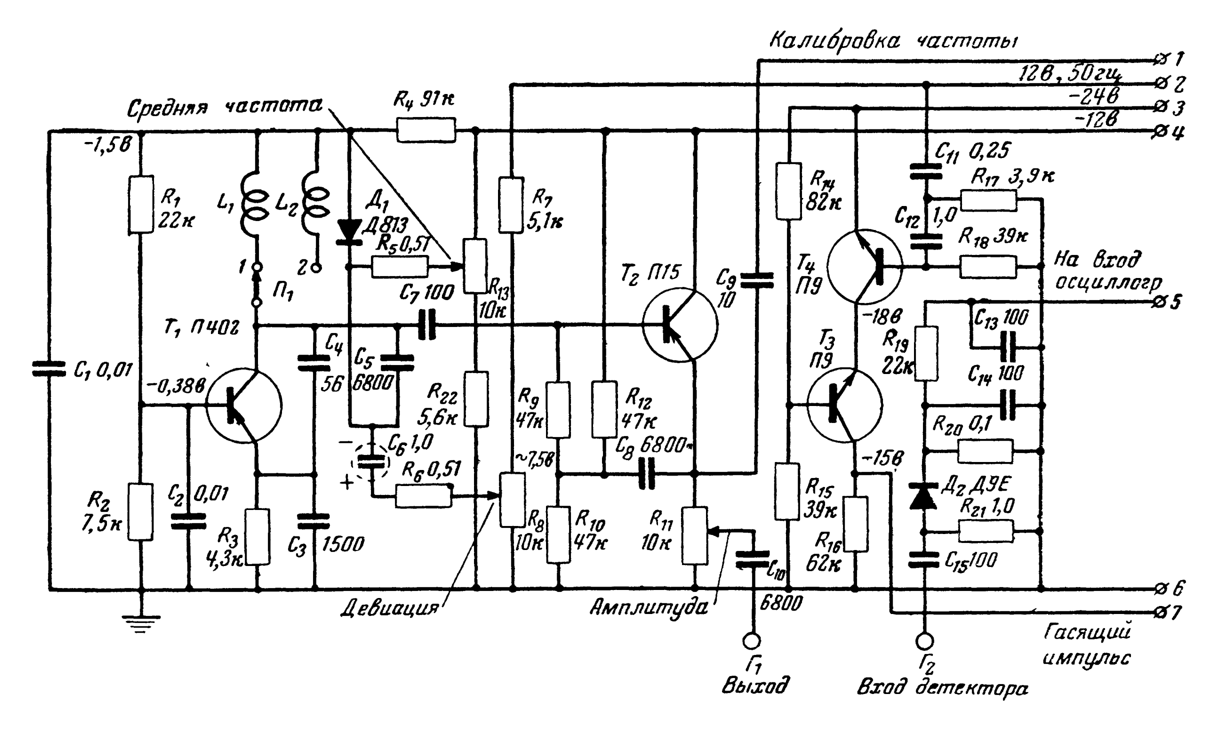


Рис 40. Схема генератора качающейся частоты

Схема прибора состоит из генератора на транзисторе T_1, частотного модулятора на диоде $Д_1$, буферного каскада на транзисторе T_2 и усилителя гасящего импульса на транзисторах T_3 и T_4

Генератор выполнен по трехточечной схеме с емкостной связью Напряжение положительной обратной связи на эмиттер транзистора T_1 снимается с конденсатора C_3 Сопротивление R_4 предназначено для снижения напряжения питания коллектора генератора до величины — 1,5 *в* При больших значениях питающего напряжения трудно получить необходимую девиацию частоты при средней частоте генератора 110 *кгц* Средняя частота генератора изменяется переключением контурных катушек L_1 и L_2

Емкость резонансного контура генератора образована конденсаторами C_3, C_4, C_5 и емкостью перехода полупроводникового диода $Д_1$.

Получение частотной модуляции генератора основано на свойстве полупроводниковых переходов изменять свою емкость при изменении приложенного к ним напряжения. Так, емкость перехода кремниевого стабилитрона Д813 изменяется примерно от 90 до 320 *пф*, что составляет перекрытие по частоте 1,85 Величины входящих в контур емкостей подобраны так, что эквивалентная емкость в значительной степени определяется величиной емкости полупроводникового перехода Для осуществления модуляции на диод $Д_1$ подается синусоидальное напряжение частоты 50 *гц*, в такт с которым изменяется емкость перехода диода и соответственно резонансная частота контура генератора Как известно, девиация частоты пропорциональна амплитуде модулирующего напряжения Участок значительного изменения емкости перехода под действием модулирующего напряжения для выбранного типа диода не превышает 8 *в* Амплитуда модулирующего напряжения регулируется потенциометром R_8, а запирающее напряжение на диод $Д_1$, определяющее положение его рабочей точки — потенциометром R_{13} При изменении запирающего напряжения изменяется и емкость перехода диода, что используется для регулировки в небольших пределах средней частоты генератора

Конденсатор C_5 служит для разделения цепей питания генератора и диода, а сопротивления R_5 и R_6 предотвращают шунтирование контура соответствующими цепями питания

Форма модулирующего напряжения и девиация частоты показаны соответственно на рис 41,*а* и *б*

Частотно-модулированное напряжение с контура генератора через конденсатор C_7 поступает на эмиттерный повторитель, собранный на транзисторе T_2, в эмиттерной цепи которого имеется потенциометр R_{11} регулировки амплитуды сигнала качающейся частоты. С этого потенциометра через конденсатор C_{10} сигнал поступает на выходное гнездо $Г_1$

Детектор на диоде $Д_2$ применяется при настройке отдельных каскадов, не имеющих на выходе собственного детектора. Сигнал промежуточной частоты с выхода настраиваемого усилителя поступает на гнездо $Г_2$, детектируется и сглаживается фильтром R_{19}, C_{13}. С выходного зажима *5* детектированный сигнал подается на вход усилителя исследуемого сигнала осциллографа Форма напряжения промежуточной частоты на входе детектора показана на рис. 41,*д*.

Модуляция частоты в генераторе осуществляется синусоидальным напряжением Вследствие этого скорость изменения частоты

также изменяется по синусоидальному закону. Это означает, что в случае линейной развертки осциллографа шкала частот на экране осцилографа будет нелинейна. Чтобы получить линейную шкалу частот, развертка осциллографа должна происходить по тому же за-

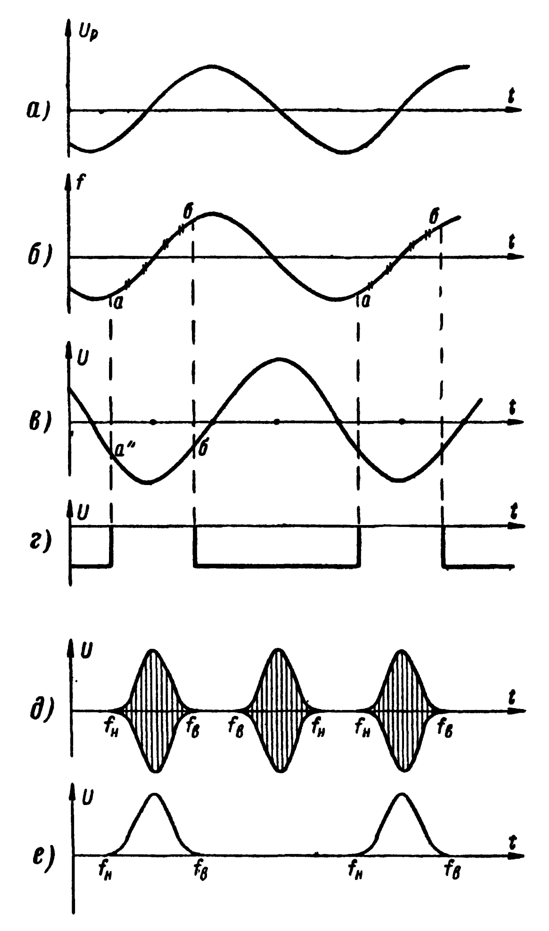


Рис. 41. Форма напряжений генератора.

а — модулирующее напряжение; *б* — закон изменения частоты; *в* — напряжение на базе транзистора T_4; *г* — гасящие импульсы на коллекторе T_3; *д* — напряжение на входе детектора (на $Г_2$); *е* — выходное напряжение детектора (на C_{13}).

кону, что и девиация частоты генератора. Поэтому для развертки осциллографа использовано то же напряжение частоты 50 *гц*, что и для модуляции генератора. Кроме того, это позволило без каких либо усложнений схемы жестко синхронизировать развертку осцил лографа с частотой девиации.

Как видно из кривых *а* и *д* на рис 41, за период синусоидальной развертки огибающая детектированного напряжения будет воспроизведена на экране осциллографа дважды

Чтобы избежать раздвоения изображения на экране, в течение половины периода синусоидального напряжения развертки луч осциллографа должен быть погашен.

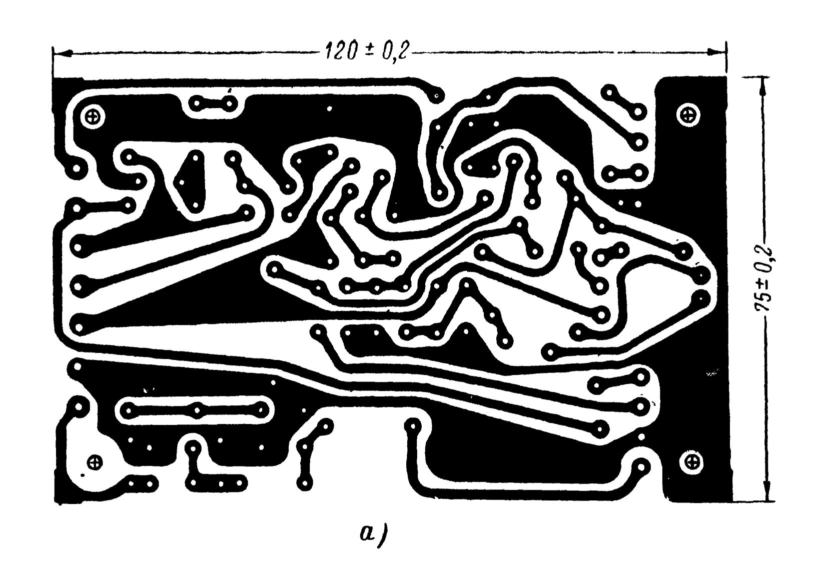
Гасящий импульс формируется каскодным усилителем на транзисторах T_3 и T_4 из синусоидального напряжения (рис. 41,*в* и *г*), сдвинутого по фазе на 90° относительно напряжения развертки. Сдвиг осуществляется цепью C_{11}, R_{17}, C_{12}, R_{18}. Соответствующим выбором положения рабочей точки транзистора T_4 (подбором сопротивления R_{18}) гасящий импульс расширяют настолько, чтобы захватить и участки перегиба синусоидального напряжения развертки. В результате на экране осциллографа видна лишь часть периода развертки от точки *а* до точки *б*, а огибающая продетектированного сигнала будет воспроизводиться только при отрицательном полупериоде синусоидального напряжения развертки (рис. 41,*е*).

Отрицательный гасящий импульс с коллектора транзистора T_3 подается на управляющий электрод электронно-лучевой трубки осциллографа На вход усилителя развертки с выходного зажима *2* генератора качающейся частоты подается синусоидальный сигнал развертки

Генератор качающейся частоты смонтирован на печатной плате размерами 120×75 *мм*. Эскиз печатных соединений платы приведен на рис. 42,*а*, а внешний вид смонтированной платы — на рис. 42,*б*. Внешний вид генератора качающейся частоты показан на рис. 43.

При настройке прибора следует обратить внимание в первую очередь на режим каскодного усилителя В частности, положение рабочей точки транзистора T_4 должна быть выбрана так, чтобы получить отсечку полупериода синусоиды на уровне примерно 0,2 от амплитуды. Этот уровень регулируют сопротивлением R_{18}. Затем проверяют режим транзисторов T_1 и T_2. Если режимы установлены правильно, но генератор не работает, следует проверить включение диода $Д_1$.

Проверяют полосу качания частоты и линейность шкалы частот на экране трубки, а также калибруют прибор по частоте при помощи измерительного генератора высокой частоты и осциллографа. Сигнал от генератора подают на зажим *1* прибора. Через конденсатор C_9 этот сигнал, частота которого может быть плавно изменена в диапазоне промежуточных частот, подается на эмиттер транзистора T_2 и смешивается с сигналом генератора качающейся частоты. Когда эти частоты близки, на сопротивлении R_{11} возникает частота биений. При качании частоты генератора всплеск, возникающий в результате биений, указывает на экране осциллографа точку (на горизонтальной оси), в которой мгновенное значение качающейся частоты равно частоте сигнала измерительного генератора. Например, настроив измерительный генератор на частоту 110 *кгц*, можно найти на изображении точку, соответствующую этой частоте на экране. Переключатель $П_1$ генератора качающейся частоты при этом должен быть установлен в положение *1*. Затем регулировкой сопротивления R_{13} точку, соответствующую частоте 110 *кгц*, устанавливают в середине развертки и измеряют девиацию частоты на этом диапазоне. Для этого движок потенциометра R_8 устанавливают в верхнее (по схеме) положение и измерительный генератор пере-



а)

C_{12} C_{13} R_{15} R_{20} $Д_2$ R_{21} R_{17} $Д_1$ C_6 L_1 L_2 R_7
C_{11}
5 6 4 7 3 2 1
R_{18}
$Г_2$ к R_8 к R_{13} $П_1$ R_{22} к R_{11}
T_4 T_3 R_{12} R_{15} T_2 б) C_9 R_3 T_1 C_{10} $Г_1$

Рис. 42. Плата генератора качающейся частоты.
а — печатные соединения; *б* — смонтированная плата.

страивают до тех пор, пока всплеск от биений не переместится до левого края развертки Соответствующее этому положению значение частоты калибровочного сигнала укажет низшую частоту полосы качания После этого перестройкой измерительного генератора всплеск биений перемещают на правый край развертки и измеряют верхнюю частоту полосы качания Для определения линейности качания частоты следует определить также несколько частот в промежуточных точках и построить график зависимости частоты от расстояния по горизонтальной оси То же проделывают и при средней частоте 460 *кгц*

Кремниевый стабилитрон Д813, обладающий наибольшим коэффициентом перекрытия емкости из всех диодов этой серии, в случае

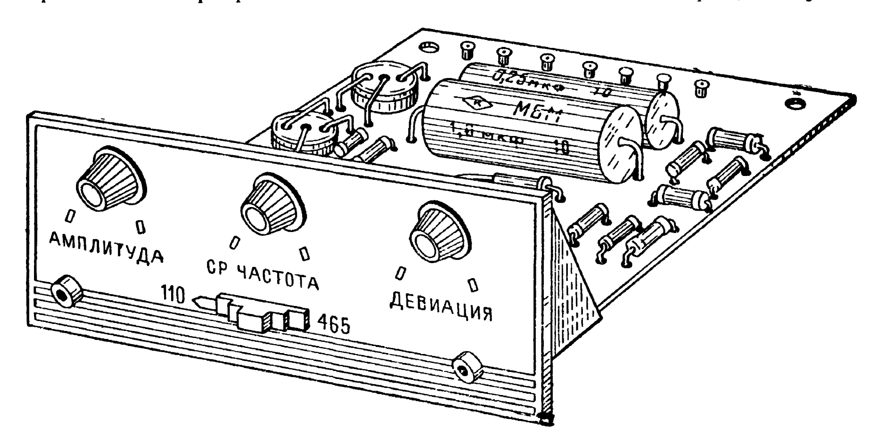


Рис 43 Внешний вид генератора качающейся частоты.

необходимости может быть заменен другими кремниевыми стабилитронами Для генератора следует применить транзистор П402 или П403, обладающий наименьшей емкостью коллектора

Катушки L_1 и L_2 контура генератора выполнены в броневых сердечниках СБ-3 и СБ-1а соответственно Катушка L_1 содержит 350 витков провода ПЭВ 0,18, а катушка L_2 — 150 витков провода ПЭВ 0,12

При работе с генератором качающейся частоты на усилитель развертки осциллографа с зажима *2* генератора подается синусоидальное напряжение развертки На усилитель исследуемого сигнала осциллографа поступает напряжение с детектора настраиваемого усилителя промежуточной частоты или с детектора прибора (зажим *5*). В зависимости от величины промежуточной частоты настраиваемого усилителя среднее значение частоты генератора устанавливается равным 110 или 460 *кгц* На вход настраиваемого усилителя подают напряжение качающейся частоты с гнезда $Г_1$ Если усилитель исправен, то на экране осциллографа будет наблюдаться кривая, соответствующая его резонансной характеристике Положение частотной характеристики на оси частот, совпадающей с линией развертки, масштаб оси частот и ширину полосы пропускания усилителя определяют при помощи измерительного генератора ме-

тодом биений. Интенсивность всплеска биений (высота всплеска на изображении резонансной характеристики) устанавливают регулировкой амплитуды выходного напряжения генератора стандартных сигналов

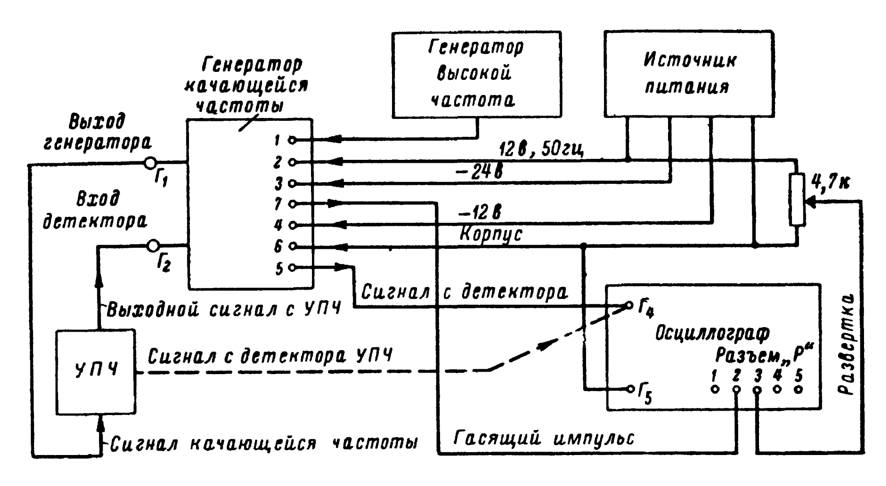


Рис. 44 Функциональная схема работы с генератором качающейся частоты

Если исследуемый усилитель имеет сравнительно узкую полосу пропускания, целесообразно уменьшить ширину качания частоты регулировкой сопротивления R_8.

Схема включения приборов при работе с генератором качающейся частоты показана на рис 44

БЛОК ПИТАНИЯ

Питание приставок и осциллографа в комплекте осуществляется выпрямителем, схема которого приведена на рис 45 Для питания необходимы следующие напряжения и токи — 6 *в*, 850 *ма* (для осциллографа);—12 *в*, 4,5 *ма* (для коммутатора); 127 *в*, 50 *гц*, 20 *ма* (для характериографа); — 12 *в*, 2,5 *ма* — 24 *в*, 4 *ма*, 12 *в*, 50 *гц*. 3 *ма* (для генератора качающейся частоты);—12 *в*, 2 *ма* (для генератора низкой частоты); — 12 *в*, 2 *ма* (для генератора высокой частоты).

Измерительный комплект потребляет от питающей сети мощность 13 *вт*.

Трансформатор выполнен на железе Ш-20, толщина набора пластины 35 *мм*, обмотка *I* содержит 870+660 витков провода ПЭЛ 0,1; обмотка *II* — 100 витков провода ПЭЛ 0,1; обмотка *III* — 50 витков провода ПЭЛ 0,7; обмотка *IV* — 235 витков провода ПЭЛ 0,1.

Дроссель $Др_1$ аналогичен дросселю $Др_3$ (см. таблицу на стр 19).

С обмотки *II* снимается переменное напряжение 12 *в* для генератора качающейся частоты. Напряжение, получаемое от обмотки *III*, выпрямляется мостовым выпрямителем на диодах $Д_1$—$Д_4$ и после фильтрации подается на осциллограф ($Г_8$ и $Г_9$).

Напряжение, снимаемое с обмотки *IV*, выпрямляется мостовым выпрямителем на диодах $Д_5$—$Д_8$. Напряжение — 30 *в* с конденсатора C_3 через балластное сопротивление R_2 подается на стабилизирую-

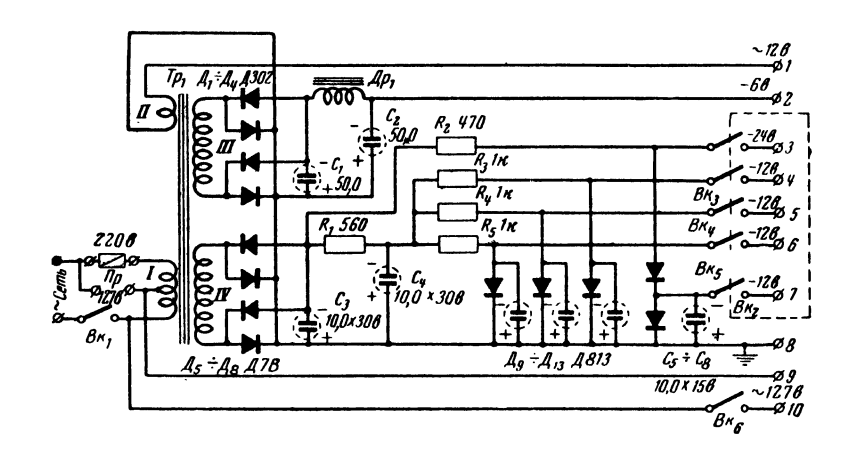


Рис. 45. Схема блока питания.

щую цепочку, состоящую из двух последовательно соединенных стабилитронов Д813. Стабилизированное напряжение—24 *в* через контакт выключателя $Вк_2$ подается на генератор качающейся частоты.

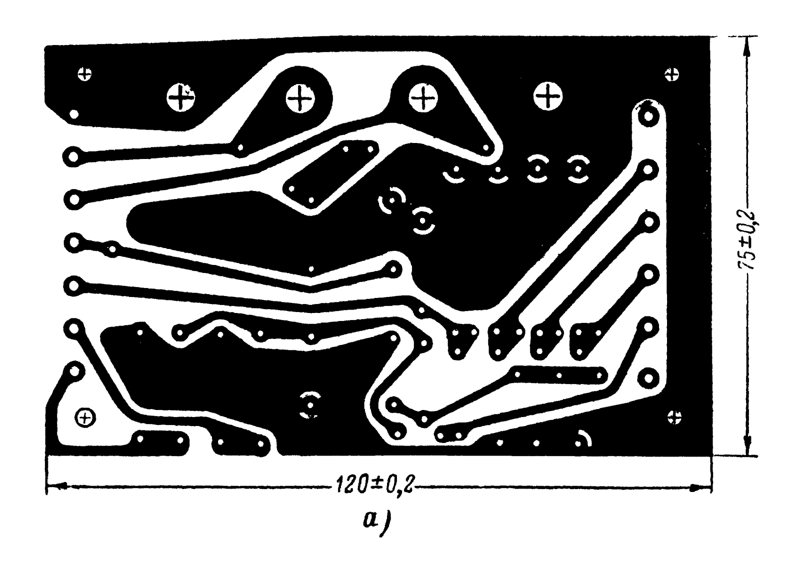
После фильтра R_1C_4 напряжение через балластные сопротивления R_3, R_4 и R_5 подается на стабилитроны $Д_9$—$Д_{11}$, а с них через выключатель $Вк_3$ на коммутатор, через выключатель $Вк_4$ на генератор низкой частоты, а через выключатель $Вк_5$ на генератор высокой частоты.

С части первичной обмотки трансформатора через выключатель $Вк_6$ переменное напряжение 127 *в* подается на приставку для наблюдения характеристик.

Таким образом, при включении питания всегда одновременно включается осциллограф. Поэтому выключатель $Вк_1$ вынесен на переднюю панель и снабжен надписью «Осциллограф». Все приставки имеют собственные выключатели питания, вынесенные также на переднюю панель блока питания.

Эскиз печатных соединений блока питания приведен на рис. 46,*а*, а смонтированная плата на рис. 46,*б*.

Внешний вид блока питания приведен на рис. 47.



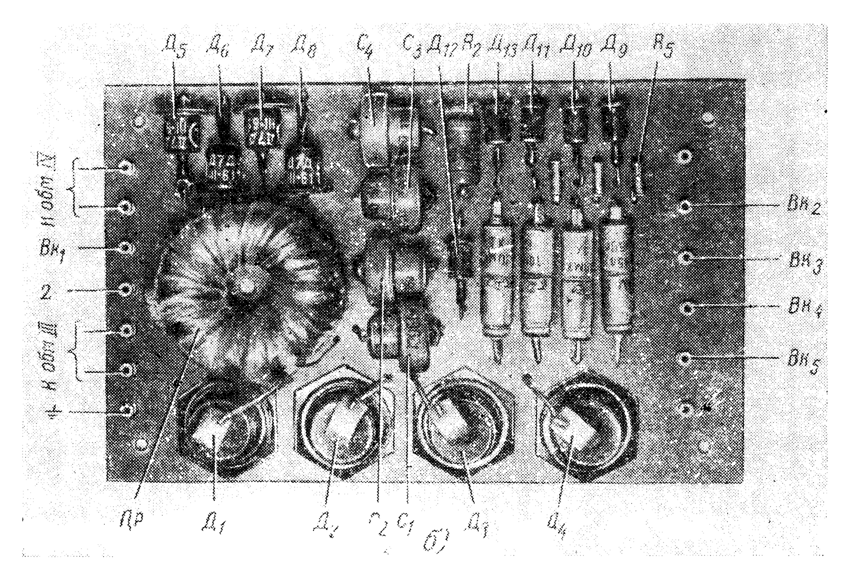


Рис. 46. Плата источника питания.
а — печатные соединения; *б* — смонтированная плата.

ПРИЛОЖЕНИЕ

Параметры некоторых полупроводниковых диодов и транзисторов

Тип	Полупроводниковые диоды				
	Выпрямленный ток, *а*	Максимальное обратное напряжение, *в*	Напряжение прямое, *в*	Максимальный обратный ток, *ма*	Проходная емкость, *пф*
Д1Е	0,012	100	—	—	2
Д7А	0,3	50	0,5	1	—
Д7В	0,3	150	0,5	1	—
Д7Е	0,1	350	0,3	1	—
Д9Е	0,02	50	—	—	2
Д302	1	200	0,25	1	—

Тип	Полупроводниковые стабилитроны				
	Напряжение стабилизации, *в*	Ток стабилизации, *ма*	Ток стабилизации (мак), *ма*	Сопротивление динамическое при токе	
				1 *ма*	5 *ма*
Д808	7—8,5	5	33	12	6
Д811	10—12	5	23	30	15
Д813	11,5—14	5	20	35	18

Тип	Транзисторы						
	$I_к$ обратный, *мка*	f_α, *Мгц*	$C_к$, *пф*	$P_{макс}$, *Мвт*	$U_{к.макс}$, *в*	$I_{к.макс}$, *ма*	α
П9А	15	0,465	60	150	20	(50)[1]	⩾0,92
П11	15	1,6	60	150	20	(50)	⩾0,95
П15	15	2	50	150	30	10 (50)	⩾0,95
П16Б[2]	25	1	—	150	30	10 (50)	—
П26А	200	0,2	50	200	100	(400)	⩾0,94
П401	10	30	15	50	10	10	⩾0,94
П402	5	60	10	50	10	10	⩾0,94
П403	5	120	10	50	10	10	⩾0,94
П403А	5	120	10	50	10	10	⩾0,97
П203[3]	400	0,2		1(40)	30	1 500	—

[1] Величины, заключенные в скобки, относятся к режиму переключения.

[2] Транзистор предназначен для применения в импульсных схемах; его время переключения $\tau_{пер}=1$ *мксек*, остаточное напряжение $U_{ост}=0,1$ *в*. Коэффициент усиления в схеме с общим эмиттером 45—100.

[3] Средняя динамическая крутизна переходной характеристики транзистора 1,2—1,8 *а/в*, остаточное напряжение 0,5 *в*

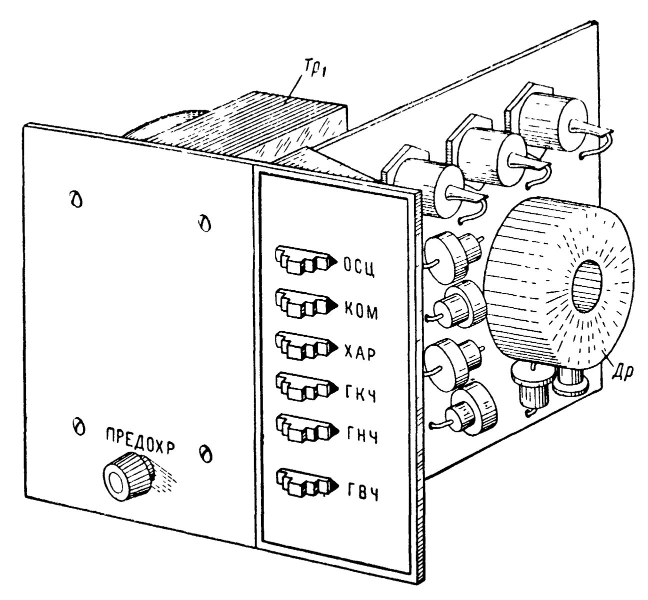


Рис 47. Внешний вид блока питания

ЛИТЕРАТУРА

1. Герасимов С. М., Микулин И Н., Яковлев В. Н., Расчет полупроводниковых усилителей и генераторов, Гостехиздат УССР, 1961.

2. Справочник радиолюбителя, Госэнергоиздат, 1961.

3. Бортновский Г. А., Печатные схемы в радиолюбительских конструкциях, Госэнергоиздат, 1959.

4. Журавлев А. П., Мазель К. Б., Преобразователи постоянного тока на транзисторах, Госэнергоиздат, 1960.

5. Сонин Е. К., Любительские измерительные приборы на транзисторах, Госэнергоиздат, 1961.

6. Веденеев Г. М., Вершин В. Е., Кремниевые стабилитроны, Госэнергоиздат, 1961.

7. Ельяшкевич С. А., Настройка телевизора с помощью генератора качающейся частоты, Госэнергоиздат, 1962.

8. Сташук Л., Электронный коммутатор на полупроводниковых приборах, «Радио», 1960, № 1, стр. 58.

9. Рогинский В. Ю., Выпрямители, Госэнергоиздат, 1961.

СОДЕРЖАНИЕ

Цена 19 коп.